

На правах рукописи

БУТОВ Иван Владимирович

**ЛИТОРАЛЬНАЯ ФЛОРА ОСТРОВОВ
МАЛОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ**

03.02.10 – гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владивосток

2016

Работа выполнена в Лаборатории экологии шельфовых сообществ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук

Научный руководитель: **Малютина Марина Валентиновна**
кандидат биологических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Камнев Александр Николаевич**
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры физиологии растений, Биологический факультет, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Кулепанов Владимир Николаевич
кандидат биологических наук, доцент, заведующий сектором изучения макрофитов и морских ежей Лаборатории промысловых беспозвоночных и водорослей, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «ТИНРО-Центр»

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Мурманский морской биологический институт Кольского научного центра Российской академии наук

Защита состоится «17» ноября 2016 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 005.008.02 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17, конференц-зал, факс (423)2310900.

Электронный адрес: inmarbio@mail.primorye.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук:

<http://www.imb.dvo.ru/misc/dissertations/index.php/sovet-d-005-008-02/31-butov-ivan-vladimirovich>

Автореферат разослан ____ сентября 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Е.Е. Костина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Водоросли-макрофиты, морские травы и галофильные наземные растения, располагаясь поясами в литоральной и супралиторальной зонах, занимают важное место в биоценозах, поскольку являются средообразующим компонентом многих прибрежных экосистем. Обладая большим продукционным потенциалом, водоросли служат пищей для обитателей мелководья и морских побережий. Обладая большим продукционным потенциалом, водоросли служат пищей для обитателей мелководья и морских побережий. Беспозвоночные животные и рыбы находят в зарослях макрофитов пищу и укрытие от хищников, многие гидробионты откладывают на водную растительность свою икру. Водоросли и морские травы являются ценным промысловым ресурсом, так как содержат большой спектр веществ, применяемых во многих областях (Кулепанов, 2012).

Основными группами макрофитобентоса любого района являются красные, бурые и зеленые водоросли. Соотношение этих групп в различных участках побережья Дальнего Востока России является следующим: по числу видов и надвидовых таксонов преобладают красные водоросли; бурые водоросли занимают в донных флорах промежуточное положение (Перестенко, 1980; Клочкова, 1996; Левенец, 2011 и др.). Зеленые водоросли представлены наименьшим числом видов; увеличение их доли в составе бентоса свидетельствует о повышенной антропогенной нагрузке на донные сообщества (Галышева, 2004; Березовская и др., 2004).

В настоящее время насущной является необходимость изучения флоры и растительности районов, которые по разным причинам до сих пор являются недостаточно исследованными. К числу слабо изученных во флористическом отношении, но важных с точки зрения охраны окружающей среды и использования растительных ресурсов, районов относится прибрежная зона островов Малой Курильской гряды (МКГ).

Литорально-супралиторальная флора островов МКГ отличается высоким видовым разнообразием. Доступность литорали для непосредственного наблюдения и исследования во время отлива, а также своеобразие условий обитания делает ее удобным объектом для изучения таксономического, зонально-географического, эколого-ценотического состава, степени антропогенной нагрузки и уровня сейсмической активности на структуру флоры.

Степень разработанности выбранной темы. В флористическом отношении морские макрофиты островов МКГ изучены неравномерно. Например, самый крупный в гряде о. Шикотан исследован 5 экспедициями. Флору других островов (Юрий, Зеленый и т.д.) изучали эпизодически, при этом результаты не были опубликованы. Исследования по систематике, биологии, экологии, распространению ряда таксономических групп макрофитов южнокурильского района опубликованы П.В. Ушаковым (1951), О.Г. Кусакиным с соавторами (1974, 1999а, б, 2000а, б), А. Д. Зиновой и Л.П. Перестенко (1974), М.Б. Ивановой с соавторами (2001), М.В. Суховеевой и А. В. Подкорытовой (2006), Н. В. Евсеевой (2009, 2014), И.В. Журавлевой, А. П. Король (2010), А. П. Цурпало (2008, 2009) и другими.

Уникальная и разнообразная флора сосудистых растений Курильских островов неоднократно привлекала внимание исследователей (Воробьев, 1948; Егорова, 1965). После создания заказника «Малые Курилы» в 1972 г. и заповедника «Курильский» в 1984 г. начался новый этап изучения растительности этой части Дальневосточного региона. Были обследованы самые разнообразные экотопы: от сублиторали до высокогорий (Баркалов, 2003, 2009). Однако флористический состав супралиторали островов Малой Курильской гряды изучен недостаточно полно.

Слабая изученность разнообразия литоральной и супралиторальной флоры, отсутствие анализа структуры и состава локальных флор в разных экологических условиях (степень антропогенной нагрузки и сейсмической активности) не дают представления о реальном видовом богатстве данного района и не позволяют делать таксономические, зонально-географические и экологические обобщения.

Целью данной работы является изучение разнообразия макрофитов литорали и супралиторали островов МКГ в разных экологических условиях (степень антропогенной нагрузки, уровень сейсмической активности).

Задачи исследования включали:

1. Установить таксономический состав литорально-супралиторальной флоры островов МКГ.
2. Изучить зонально-географический состав литорально-супралиторальной флоры островов МКГ.
3. Установить эколого-ценотический состав литорально-супралиторальной флоры островов МКГ.

4. Проанализировать влияние степени антропогенной нагрузки и сейсмической активности на структуру данной флоры.

Научная новизна. В основе работы лежат сборы, выполненные сотрудниками ИБМ ДВО РАН в 1987, 1997 г. в ходе комплексных литоральных экспедиций, а также собственные данные, полученные в 2013 г. Общий объем гербарного материала – около 700 листов.

Впервые установлен таксономический, зонально-географический и эколого-ценотический состав литорально-супралиторальной флоры островов МКГ, выявлено влияние степени антропогенной нагрузки и уровня сейсмической активности на структуру данной флоры.

Девять видов водорослей и один вид сосудистых растений впервые указываются для флоры исследуемого района, 30 видов макрофитов являются новыми для литоральной флоры о. Шикотан.

Данная флора включает не менее 141 вида макрофитов, в том числе 115 видов макроводорослей (54 – красные, 40 – бурые, 21 – зеленые) и 26 видов сосудистых растений (5 – морские травы, 21 – наземные растения).

Теоретическая и практическая значимость. Полученные данные расширяют известные представления о видовом богатстве и разнообразии флоры литорали и супралиторали островов МКГ. Анализ таксономического, фитогеографического и эколого-ценотического состава флоры в разных экологических условиях среды позволяет понять степень их влияния на различные фито- и биоценозы.

Методология и методы диссертационного исследования. Сбор водорослей и морских трав выполняли на литорали в период отлива по стандартной хорологической методике (Кусакин и др., 1974); галофиты – в супралиторали. На изучаемом участке выполняли гидробиологический разрез перпендикулярно береговой линии. Предварительно визуально оценивали распределение сообществ, выделяя их по доминирующим (часто поясообразующим) видам макрофитов.

Идентификацию водорослей проводили под световым микроскопом Olympus, временные срезы изготавливали вручную. Для идентификации водорослей использовали определители К.Л. Виноградовой (1974, 1979), Л.П. Перестенко (1980, 1994), Н.Г. Ключковой (1996) и др. Современные названия видов и надвидовых

таксонов макрофитов указывали в соответствии с мировой электронной базой: www.algaebase.org (Guiry, Guiry, 2016).

Таксономическую принадлежность сосудистых растений определяли по сводке «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» (1985 – 1996). Географические и эколого-ценотические элементы флоры выделяли с учетом рекомендаций В.Ю. Баркалова (Баркалов, 2009). Жизненные формы видов растений характеризовали по классификации А.Б. Безделева и Т.А. Безделевой (Безделев, Безделева, 2006).

Положения, выносимые на защиту:

1. На типично морских участках литорали островов Малой Курильской гряды в стабильных условиях независимо от степени антропогенной нагрузки доминируют широкобореальные виды. На опресненных участках литорали преобладают широко распространенные в Северном полушарии или в Мировом океане виды водорослей.

2. Сейсмические перестройки береговой линии создают условия для преобладания широко распространенных видов водорослей в литоральной флоре морских участков и низкобореальных видов в опресненных участках.

3. Изменение ценотического состава литоральной флоры после землетрясения обусловлено снижением общего количества видов и сменой видового состава бурых и, особенно, красных водорослей.

Личный вклад автора. Автор принимал личное участие в сборе, фиксации и обработке материала в ходе экспедиции на НИС «Профессор Гагаринский» (2013 г.); идентификации литоральных и супралиторальных макрофитов, выполнении статистической и графической обработки полученных данных, их анализа, обобщения и сопоставления с имеющимися литературными данными, а также в подготовке публикаций.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных данных обеспечена применением стандартных фикологических методик при сборе макрофитов в разные периоды исследования, большим объемом проанализированного материала (около 700 гербарных листов), а также использованием многочисленных литературных данных. Достоверность полученных результатов подтверждается их публикацией в рецензируемых научных журналах, а также успешной апробацией на международных конференциях.

Апробация работы. Результаты исследований были доложены на научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Дальрыбвтуза (Владивосток, 2012); Российско-Китайском билатеральном симпозиуме по изучению влияния глобальных изменений на состояние морских экосистем в северо-западной части Тихого океана (Russia-China Bilateral Symposium on Marine Ecosystems under the Global Change in Northwestern Pacific) (Владивосток, 2012); Международной научной конференции «Экология окраинных морей и их бассейнов» (Ecology of the marginal seas and their basins – 2013) (Владивосток, 2013); Международной научной конференции «Уникальные морские экосистемы: современные технологии изучения и сохранения для будущих поколений» (Unique Marine Ecosystems: Modern Technologies of Explorations and Conservation for Future Generations) (Владивосток, 2016); на ежегодных научных конференциях ИБМ ДВО РАН (Владивосток, 2014, 2015, 2016).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 работ. Из них 3 печатных статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты на соискание ученой степени кандидата наук, 5 статей в сборниках материалов международных и региональных конференций и симпозиумов и 1 тезисы.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, списка цитируемой литературы, а также приложения. Объем диссертации составляет 233 страницы. Работа проиллюстрирована 52 рисунками и 19 таблицами. Список литературы состоит из 244 наименований, из них 116 на иностранных языках. Приложение на 35 страницах представлено аннотированным списком 120 видов литоральных макрофитов.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю к.б.н. М.В. Малютиной за всестороннюю помощь и поддержку в работе. Благодарю также студентов Дальневосточного, Томского и Московского университетов и сотрудников ИБМ ДВО РАН, участвовавших в экспедициях 1987 и 2013 гг.: О.Г. Кусакина, М.Б. Иванову, Л.А. Рогаченко, О.Н. Павлюк, Е.Е. Костину, О.Е. Чайка, Т.Ф. Тарakanову, А.В. Рыбакова, Г.Н. Бужинскую, Н.Г. Купину, А.П. Цурпало, И.А. Катина, А.А. Баланова, В.В. Земнухова. За помощь в статистической обработке материалов автор искренне благодарит к.б.н. В.А. Паренского. Особую

признательность выражаю к.б.н. С.В. Нестеровой (БСИ ДВО РАН), д.б.н. В.Ю. Баркалову (БПИ ДВО РАН) и к.б.н. И.Р. Левенец (ИБМ ДВО РАН) за помощь в определении видов и критическое прочтение рукописи.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Динамика морских экосистем в условиях глобальных климатических изменений и антропогенного воздействия» (№ госрегистрации 115081110035); а также при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (проект № 15-I-6-059; проект № 15-I-6-056).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Макрофиты литорали и супралиторали южных Курильских островов: история изучения, особенности строения и местообитания, значение

Рассмотрена история исследования литоральных макроводорослей в Курило-Сахалинском регионе, особенностей биологии и жизненных форм сосудистых растений супралиторали южных Курильских островов. Выявлены эколого-биологические особенности макрофитов литорали, описана биономическая типология литоральной зоны южных Курильских островов, а также показано значение и область применения литоральных макрофитов.

Глава 2. Физико-географическая характеристика района исследований

В главе приведены сведения о геологическом строении Курильских островов, тектонической и вулканической активности, а также рассмотрены основные гидрологические и климатические особенности данного района. Глава содержит физико-географический очерк Малой Курильской гряды в целом и ее островов.

Глава 3. Материалы и методы

Материалом для работы послужили сборы, выполненные сотрудниками ИБМ ДВО РАН в 1987 и 1997 г., а также собственные данные, полученные в ходе литоральной экспедиции на НИС «Профессор Гагаринский» в 2013 г. на 3 островах Малой Курильской гряды: Шикотан, Зеленый и Юрий (рис. 1).

Водоросли и морские травы собирали на литорали в период отлива по стандартной хронологической методике (Кусакин и др., 1974); сосудистые растения – на супралиторали. На изучаемом участке перпендикулярно береговой линии выполняли гидробиологический разрез. Предварительно визуально оценивали

распределение литоральных сообществ, выделяя их по доминирующим (часто поясообразующим) видам. При сборе количественных проб пробные площадки ограничивали металлическими рамками площадью 100, 250, 500 и 1000 см².

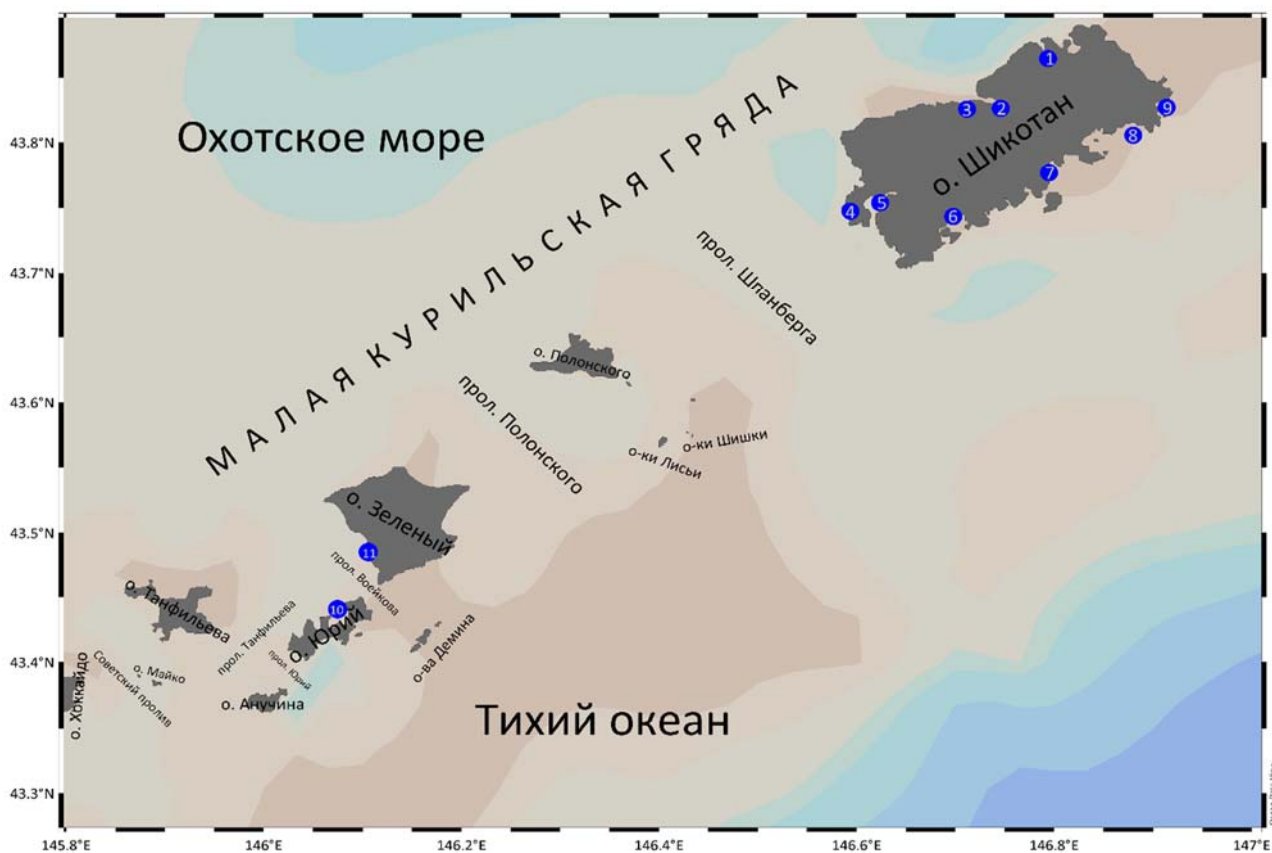


Рис. 1. Карта-схема района исследований в прибрежной зоне островов МКГ в 1987–2013 гг. Обозначения: 1 – б. Отрадная, 2 – б. Крабовая, 3 – б. Горобец, 4 – б. Гольцова, 5 – б. Дельфин, 6 – б. Церковная, 7 – б. Снежкова, 8 – б. Димитрова, 9 – б. Маячная (все о. Шикотан), 10 – б. Широкая (о. Юрий), 11 – м. Глушневского (о. Зеленый).

Растения промывали в морской воде, затем известковые формы и мелкие водоросли, прикрепленные к камням, этикетировали, сушили на воздухе и закладывали в герметичные пакеты. Крупные формы водорослей с мясистым слоевищем после морфометрических измерений и определения сырого веса каждого экземпляра сушили целиком: сначала под навесом, а затем в скатках в сухом вентилируемом помещении. Средние формы макрофитов раскладывали на листах и сушили в гербарных папках. Мелкие формы фиксировали 70% спиртом.

Общий объем изученных гербарных экземпляров морских макрофитов, собранных разными исследователями на литорали островов МКГ, составил около 700 гербарных листов, из которых 40% – образцы сборов 2013 г. В 2013 г. также были собраны и изучены 48 образцов высших сосудистых растений, произрастающих в супралиторальной зоне района исследований.

Идентификацию водорослей проводили под световым микроскопом Olympus, временные срезы изготавливали вручную. Для идентификации использовали определители К.Л. Виноградовой (1979), Л.П. Перестенко (1980, 1994), Н.Г. Клочковой (1996) и др. Названия таксонов приведены с учетом современных систематических воззрений (Селиванова, 2008; Селиванова, Жигадлова, 2009; Skriptsova, Choi, 2010; Guiry, Guiry, 2016). Понятие локальной флоры трактуется как совокупность видов, встреченных в конкретном районе (Клочкова, 1996). Видовое богатство понимается как общее количество видов (Словарь ботанических терминов, 1984). Для установления и анализа зонально-географического состава флоры использовали фитогеографическую систему Л.П. Перестенко (1982) и биогеографическую систему А.И. Кафанова, В.А. Кудряшова (2000).

Таксономическую принадлежность сосудистых растений определяли по сводке «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» (1985–1996). Типы ареалов и эколого-ценотические комплексы флоры выделяли с учетом рекомендаций В.Ю. Баркалова (Баркалов, 2009) по системе А.Л. Тахтаджяна (1978). Жизненные формы сосудистых растений характеризовали по классификации А.Б. Безделева и Т.А. Безделевой (Безделев, Безделева, 2006).

Для интегральной оценки качества среды использовали флористический коэффициент, рассчитываемый по формуле: $\Phi = Z + \frac{K}{B}$, где Z – число видов зеленых, K – красных, B – бурых водорослей. Для сравнительной характеристики видового состава использовали коэффициент флористической общности, или индекс Жаккара, который рассчитывали по формуле: $K_j = \frac{c}{a+b-c}$, где a – число видов в первой бухте, b – число видов во второй бухте, c – число видов, общих для обеих бухт (Андреев, 1980; Мэгарран, 1992). Расчеты проводили с помощью программ Excel 2010, картирование распределений осуществляли в пакете Ocean Data View. Сравнение видовых списков (присутствие-отсутствие видов) макрофитов различных районов проводили методами иерархического кластерного анализа (метод полной связи) с использованием пакета анализа данных STATISTICA v. 6.1.

Глава 4. Состав литоральной флоры о. Шикотан до землетрясения

Макрофлора литорали о. Шикотан в 1987 г. насчитывала 82 вида, относящихся к 61 роду, 31 семейству, 17 порядкам и 4 отделам. Красные водоросли

– отдел Rhodophyta – представлены 36 видами, что составляет 43% видового состава флоры.

Литоральная флора о. Шикотан до землетрясения была сформирована в основном бореальными видами (54%). Из них приазиатские низкобореальные – 13%, приазиатские широкобореальные – 10%, тихоокеанские широкобореальные виды составляли 31%. Существенный вклад вносили широкораспространенные в Мировом океане виды, их доля достигала 18%. Относительно тепловодный комплекс (18%) был представлен амфибореальными широкобореальными и бореально-нотальными (6%), субтропическо-низкобореальными (7%) и субтропическо-широкобореальными (5%) видами. Доля бореально-арктическо-нотальных и бореально-арктических видов в сумме составила 10% от общего числа видов макрофитов.

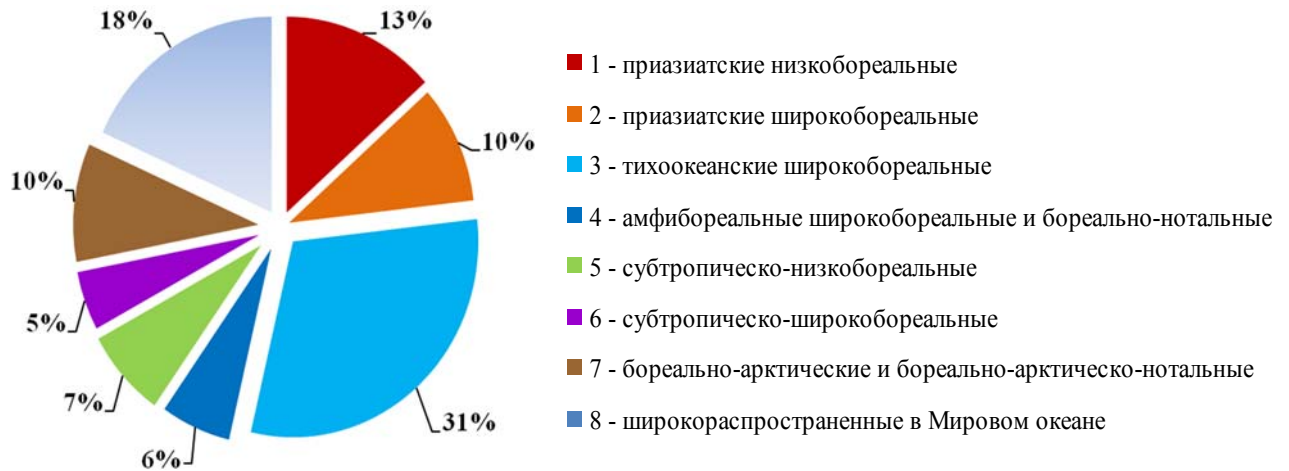


Рис. 2. Зонально-географический состав литоральной флоры о. Шикотан в 1987 г.

Распределение ценологических групп в литоральной флоре о. Шикотан в 1987 г. было неравномерным. Красные водоросли преобладали по количеству видов над бурыми и зелеными в большинстве локальных флор острова. Доля бурых водорослей была наиболее значительна в бухтах тихоокеанского побережья. Присутствие зеленых водорослей было заметнее на охотоморском побережье, в бухтах Отрадная и Дельфин, подверженных опреснению, которое сильнее выражено в б. Дельфин. Морские травы определяли облик сообществ на юго-западном охотоморском берегу.

Соотношение форм талломов водорослей в литоральной флоре о. Шикотан до землетрясения было следующим: а) преобладали кустистые формы, более половины видов которых составляли красные водоросли; б) пластинчатые формы, среди которых преобладали бурые водоросли, были на второй позиции; в) трубчатые

формы (бурые водоросли составляли более 58%) были третьими; г) корковые формы (преимущественно красные водоросли) находились на четвертом месте; д) нитчатые формы (в основном, зеленые водоросли) были пятыми.

Влияние антропогенной нагрузки и уровня сейсмоактивности на состав и структуру литоральной флоры б. Крабовая о. Шикотан. Участки побережья острова, имеющего значительную площадь и протяженного в меридиональном направлении, в различной степени освоены людьми. Влияние антропогенной нагрузки сильнее всего выражено в б. Крабовая из-за наличия поселка и деятельности рыбокомбината.

В 1987 г. многолетние жировые наслоения застилали всю прибрежную полосу б. Крабовая, достигая в ее внутренней части 15 см толщины. При этом на литорали было встречено 43 вида макрофитов. Красные водоросли составляли 49% видового состава флоры, бурые – 37%, зеленые – 12%, морские травы – 2% (рис. 3).

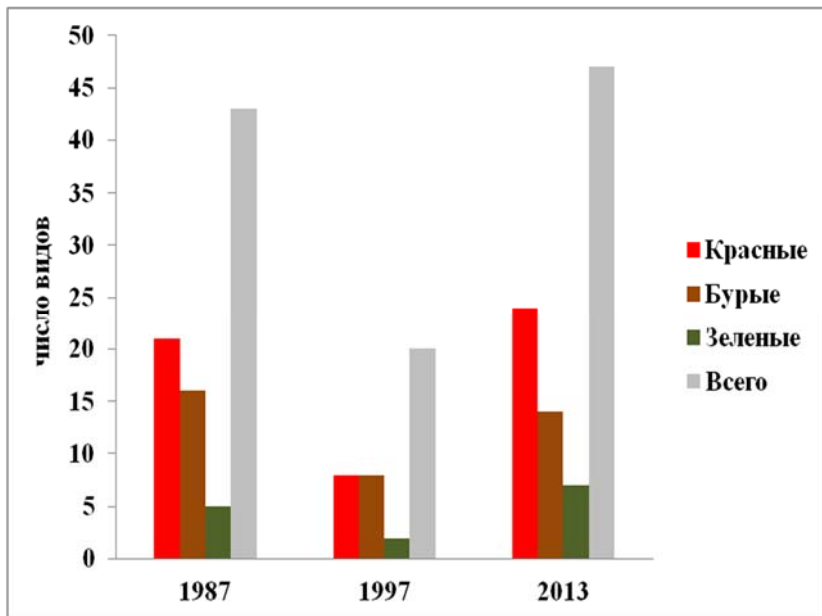


Рис. 3. Динамика ценотического состава литоральной флоры б. Крабовая о. Шикотан в 1987, 1997 и 2013 г.

Спустя три года после землетрясения, в 1997 г., число видов литоральной флоры б. Крабовая уменьшилось в 2 раза (рис. 3). Красные и бурые водоросли составляли по 40% видового состава, зеленые водоросли и морские травы – по 10%. Резкое уменьшение числа видов, в первую очередь, связано с опусканием острова и уменьшением площади литоральной зоны, вызванным сейсмической катастрофой.

Сборы 2013 г. выявили значительный рост числа видов. Всего было встречено 47 видов макрофитов, относящихся к 14 порядкам, 25 семействам и 35 родам.

Наибольшим числом видов, как и в 1987 г., были представлены красные водоросли. Они составили 51% всех видов, бурые – 30%, зеленые – 15%, морские травы – 4%.

Таким образом, динамика таксономической структуры литоральной флоры б. Крабовая о. Шикотан в исследуемый период носила циклический характер. Сразу после землетрясения наблюдали двукратное уменьшение числа видов и упрощение таксономической структуры. Спустя 19 лет после землетрясения, в 2013 г., видовое богатство литоральной флоры бухты восстановилось, а таксономическое разнообразие увеличилось, по сравнению с 1987 г., за счет видов порядков *Bangiales*, *Palmariales*, *Laminariales* и *Ulvales*.

Также нами было проанализировано влияние органического загрязнения на ценоотическую структуру флоры б. Крабовая. Для этого на основе видовых списков 1980-х гг. был рассчитан флористический коэффициент для шести ее участков. Значения коэффициента оказались следующими: на входных мысах – 7.6 и 11.5; в средней части – 11.1 и 7.6; в расширенной части – 12.3. Крайне высокие значения флористического коэффициента подтверждают нарушения структуры флоры б. Крабовая и значительную степень ее антропогенной трансформации.

Динамика биомассы литоральных макрофитов б. Крабовая. Биомассу 12 массовых видов оценивали в 1987, 1997 и 2013 г. Максимальные значения биомассы были зарегистрированы для бурых водорослей. Вид *Fucus evanescens* в 1997 г. имел биомассу свыше 56 кг/м². Слоевища *Alaria marginata* в 2013 г. создавали биомассу 43,4 кг/м². Третью позицию занимал *Arthrothamnus kurilensis* с биомассой 21 кг/м² в 2013 г. Среди красных водорослей максимальные биомассы были отмечены в 2013 г. На первой и второй позиции расположились *Corallina pilulifera* с биомассой 5,9 кг/м² и *Mazzaella parksii* с биомассой 5,3 кг/м², третье место занимал вид *Neorhodomela oregona* – 3,7 кг/м². Биомасса зеленой водоросли *Ulva lactuca* составляла 4,6 кг/м² в 1987 г., 5 кг/м² в 1997 г. и 10,2 кг/м² в 2013 г. Биомасса морской травы *Phyllospadix iwatensis* увеличилась к 2013 г. почти в 16 раз – с 2,1 до 33,2 кг/м².

В 1987 г. доля бурых водорослей была самой значительной, она составляла 79%, значения биомассы для красных водорослей равно 10%, доли зеленых водорослей и морских трав были 5 и 6%, соответственно. В 1997 г. роль представителей *Phaeophyceae* снизилась на 9%, также незначительно уменьшилась доля зеленых водорослей с 5 до 4%. Значения биомассы морских трав увеличилось в

два раза – с 6 до 13%, возрос и вклад Rhodophyta в общую биомассу – с 10 до 13%. В 2013 г., спустя 19 лет после землетрясения, доля Phaeophyceae сократилась до 60%; доля Rhodophyta осталась на прежнем уровне (13%). Значения биомассы Chlorophyta и Tracheophyta увеличились с 4 до 6% и с 13 до 21%, соответственно. Таким образом, после землетрясения в общей фитомассе возросла доля красных, зеленых водорослей и морских трав; биомасса бурых водорослей снизилась на 20%.

Глава 5. Состав литорально-супралиторальной флоры островов Малой Курильской гряды после землетрясения

В 2013 г. исследована макрофлора литоральной зоны 3 островов МКГ. Всего было обнаружено 97 видов, относящихся к 63 родам, 35 семействам, 17 порядкам и 4 отделам. Красные водоросли представлены 44 видами, что составляет 45% видового состава флоры. На литорали о. Шикотан произрастали 84 вида макрофитов из 57 родов, 33 семейств, 15 порядков и 4 отделов. На о. Юрий встречено 33 вида (28 родов, 21 семейство, 12 порядков, 4 отдела). На о. Зеленый зарегистрировано 17 видов (13 родов, 12 семейств, 7 порядков, 3 отдела).

Анализ распределения литоральных видов по зонально-географическим комплексам на островах МКГ показал, что соотношение комплексов имеет ряд особенностей. Во флоре МКГ преобладают тихоокеанские широкобореальные виды

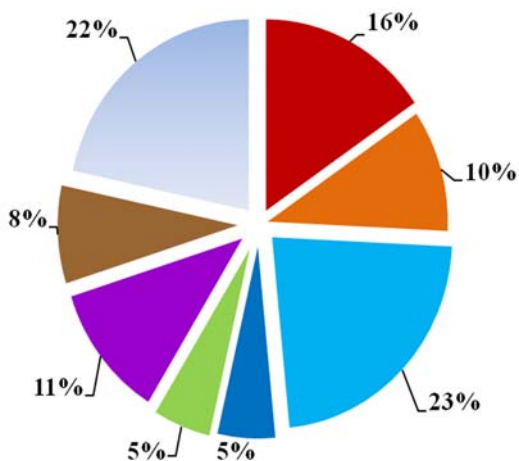


Рис. 4. Зонально-географический состав литоральной флоры о. Шикотан в 2013 г. Обозначения см. в рис. 2.

и широкораспространенные в Мировом океане (рис. 4). Характерно присутствие приазиатских низкобореальных видов, их доля достигает 16%. Меньший вклад в фитогеографический состав вносят субтропическо-широкобореальные (11%) и приазиатские широкобореальные (10%) виды. Комплексы амфибореальных широкобореальных и бореально-нотальных, а также субтропическо-низкобореальных видов включают по 5% всего видового состава. Доля бореально-арктических и бореально-арктическо-нотальных видов достигает 8% от общего числа видов.

Анализ зонально-географического состава локальных флор показывает, что тихоокеанские широкобореальные виды в типично морских участках доминируют. В

условиях опреснения они формируют ядро флоры совместно с приазиатскими низкореальными и широко распространенными в Мировом океане видами.

Распределение основных ценоотических групп во флоре о. Шикотан в 2013 г. следующее. Красные водоросли доминируют над другими в б. Крабовая, а также незначительно преобладают в бухтах Горобец и Дельфин охотоморского побережья. Во флоре б. Церковная тихоокеанского побережья они доминируют совместно с бурыми. Бурые водоросли лидируют во флоре б. Отрадная. Зеленые водоросли во всех флорах находятся на третьем месте по числу видов. Большинство видов трав обнаружено в б. Горобец. Флоры б. Крабовая и б. Отрадная резко различаются по видовому богатству (47 и 31 вид) и вкладу видов Rhodophyta (51 и 32%). Флоры опресненных бухт Горобец и Дельфин имеют сходную ценоотическую структуру.

Анализ видового разнообразия конкретных флор литорали о. Шикотан методом полной связи выявил наиболее высокий уровень разнообразия видов Rhodophyta во флоре б. Крабовая охотоморского берега, что говорит о повышении ее разнообразия и оригинальности после произошедшего землетрясения (рис. 5).

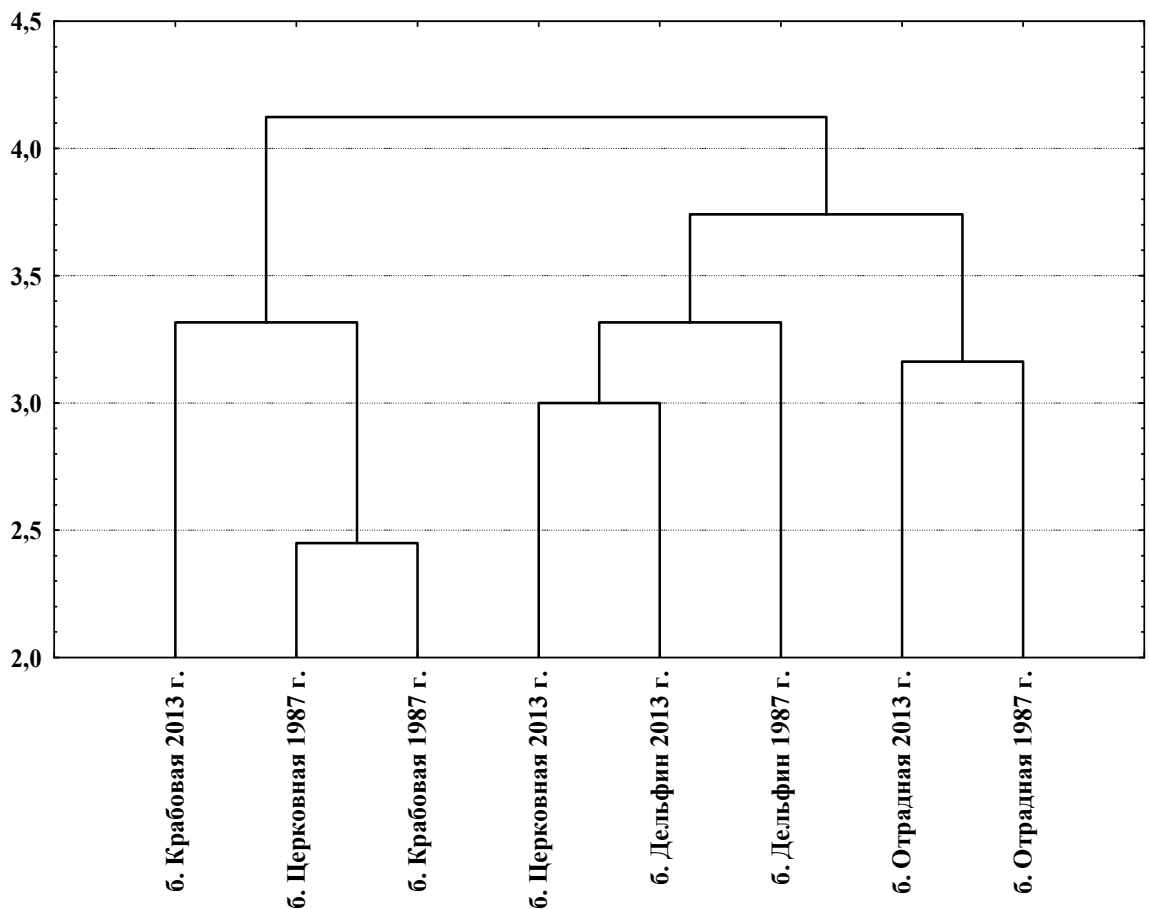


Рис. 5. Сходство видового состава Рхаеорхусеае в локальных флорах о. Шикотан. По оси ординат – евклидово расстояние.

Состав сосудистых растений супралиторали островов МКГ. В супралиторали островов Юрий, Зеленый и Шикотан выявлен 21 вид высших травянистых растений из 19 родов и 12 семейств. Наибольшее таксономическое разнообразие характерно для флоры б. Крабовая, в ней отмечено более 80% семейств, родов и видов. В бухтах Церковная и Дельфин, по сравнению Крабовой, число таксонов в 2–3 раза меньше.

Наиболее крупные семейства Asteraceae и Polygonaceae представлены 4 видами, сем. Chenopodiaceae – 3 видами, остальные семейства – 1-2 видами. Роды *Persicaria* и *Rumex* (Polygonaceae), *Sonchus* (Asteraceae) включают по 2 вида, остальные по 1 виду. Вид *Juncus filiformis* впервые указывается для флоры МКГ.

По типу ареала выделено 4 группы видов: восточно-азиатская (33%), циркумполярная (28%), северо-тихоокеанская (22%), евразийская (17%). Изученные виды относятся к литорально-приморскому (47%), лугово-болотному (29%), синантропному (18%), лесному (6%) эколого-ценотическим комплексам. Супралиторальная флора МКГ представлена длиннокорневищными (25%), короткокорневищно-кистекарневыми (25%), стержнекарневыми (12%) поликарпиками и стержнекарневыми (38%) одно-двулетними монокарпиками (рис. 6).

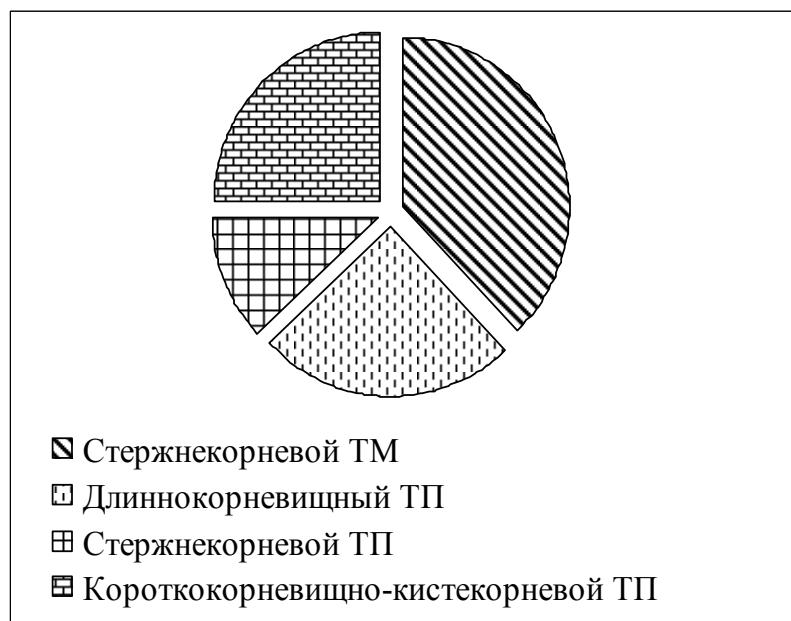


Рис. 6. Жизненные формы растений супралиторали МКГ: ТМ – травянистый монокарпик, ТП – травянистый поликарпик.

Глава 6. Условия формирования и динамика флоры островов МКГ

Богатство видового состава курильской флоры обусловлено сложной геологической историей района. В современную эпоху район Малой Курильской

гряды находится под сильным влиянием флоры Японских островов. Для супралиторальной флоры островов МКГ со сходными условиями и общим прошлым выявлена характерная закономерность: чем крупнее остров и разнообразнее рельеф, тем больше экотопическое разнообразие и, следовательно, богаче флора.

В ходе проведенного исследования были найдены 30 видов, которые являются новыми для литорали о. Шикотан. Большинство этих видов распространены в исследованном районе и встречаются на литорали южных Курильских островов.

Девять видов водорослей являются новыми для литорали островов МКГ. Половина новых для флоры видов Rhodophyta представлена эпифитами. Новые для флоры виды Phaeophyceae широко распространены в бореальных водах Тихоокеанского региона, новый вид Chlorophyta – в водах Мирового океана. Наличие таких видов в составе флоры, вероятно, объясняется динамичностью среды обитания, в частности, появлением дополнительных субстратов вдоль береговой линии.

Анализ таксономического состава литоральной флоры позволяет оценить характер воздействия сильного землетрясения и степень ее изменчивости после этого явления. Четыре бухты о. Шикотан являются полноценной моделью для понимания возникающих изменений. В 2013 г. доля видов Rhodophyta возросла (с 44 до 46%), а Phaeophyceae снизилась (с 35 до 31%). В б. Крабовая общее число видов возросло за счет Rhodophyta. В других флорах общее число видов снизилось (рис. 7).

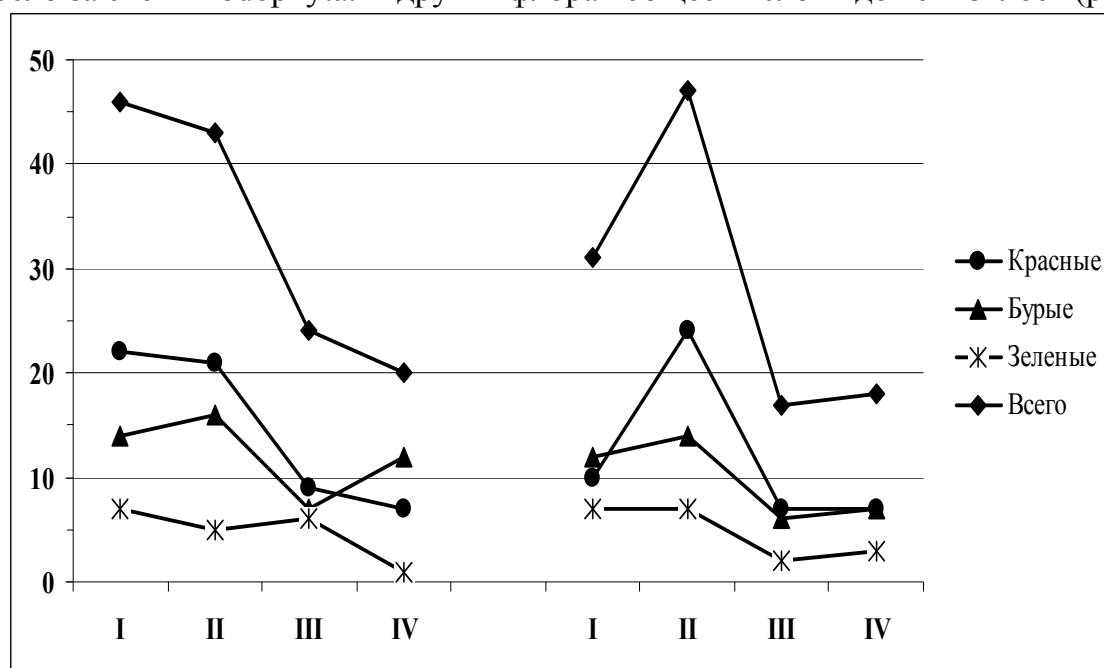


Рис. 7. Динамика видового состава литоральной флоры о. Шикотан до (1987 г. – слева) и после (2013 г.) землетрясения 1994 г. Районы: I – б. Отрадная, II – б. Крабовая, III – б. Дельфин, IV – б. Церковная. По оси ординат – число видов.

Число видов Rhodophyta и Phaeophyceae при этом уменьшилось в 1,2–1,5 раза. Число видов Chlorophyta в бухтах Церковная и Крабовая возросло, в б. а в б. Дельфин снизилось в 3 раза. Таким образом, трансформация флоры выражается в обеднении таксономического разнообразия и изменении ценотических пропорций.

Широтно-зональные особенности изученной литоральной флоры заключаются в доминировании в ней трех зонально-географических видовых комплексов: тихоокеанские широкобореальные, приазиатские низкобореальные и широко распространенные в Мировом океане (бореально-тропическо-нотальные и мультизональные) виды.

При этом тихоокеанские широкобореальные виды в типично морских участках лидируют среди других фитогеографических групп с большим отрывом. В условиях опреснения литорали они доминируют совместно с приазиатскими низкобореальными и широко распространенными в Мировом океане видами.

Состав флор тихоокеанского побережья островов МКГ определяют также виды холодноводного комплекса (бореально-арктические и борельно-арктическо-нотальные). Для локальных флор охотоморского побережья характерно заметное присутствие приазиатских широкобореальных и приазиатских субтропическо-низкобореальных видов.

Таким образом, сейсмические перестройки, вызывающие изменение береговой линии островов и появление свободных субстратов, приводят к резким структурным перестройкам прибрежных сообществ. В литорально-супралиторальной флоре МКГ значительно трансформировался видовой и фитогеографический состав, а также ценотическая структура.

Выраженная в литорально-супралиторальной флоре островов МКГ пестрота таксономического состава, вероятнее всего, связана с непостоянством условий среды, а также влиянием антропогенной и сейсмической нагрузки. При этом в локальных флорах наблюдается высокий уровень видового богатства и разнообразия за счет представителей Rhodophyta и выявляется возрастающая биоценотическая роль порядков Bangiales, Palmariales, Laminariales и Ulvales.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Литоральная флора о. Шикотан включала: в 1987 г. 82 вида из 61 рода, 32 семейств и 19 порядков; в 2013 г. 84 вида из 57 родов, 33 семейств, 15 порядков. Флора литоральной зоны 3 островов МКГ в 2013 г. объединяла 97 видов из 63 родов, 35 семейств и 17 порядков. Девять видов являются новыми для литоральной флоры МКГ, 30 видов макрофитов впервые указываются для литорали о. Шикотан.

2. Супралиторальная флора МКГ содержит 21 вид сосудистых растений, из 19 родов и 12 семейств. Один вид впервые указывается для флоры данного района.

3. В 1987 г. зонально-географический состав литоральной флоры о. Шикотан определяли тихоокеанские широкобореальные виды (37-45%). В 2013 г. в ряде районов стали доминировать приазиатские низкобореальные виды (26-29%).

4. Эколого-ценотический состав литоральной флоры о. Шикотан в 1987 г. формировали кустистые формы красных (27%) и пластинчатые формы бурых водорослей (12%). В 2013 г. в ней сократилось присутствие порядков и семейств, представленных кустистыми формами (21%), и увеличился вклад таксонов, содержащих пластинчатые формы (20%).

5. Землетрясение снизило негативные последствия антропогенного загрязнения б. Крабовая о. Шикотан, вызывающего обеднение и упрощение разнообразия литоральной флоры.

6. До и после землетрясения литоральная флора характеризуется высоким уровнем видового богатства и разнообразия за счет видов Rhodophyta.

7. В условиях высокой сейсмической активности возрастает биоценотическая роль порядков Bangiales, Palmariales, Laminariales и Ulvales.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ***Статьи в рецензируемых научных журналах из списка ВАК***

1. Бутов И.В., Купина Н.Г., Цурпало А.П. Литоральная флора бух. Крабовая острова Шикотан (Курильские о-ва) // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т.14, № 1(7). С.1709-1711.

2. Бутов И.В. Сосудистые растения супралиторали островов Малой Курильской гряды // Вестник КрасГАУ. 2016а. № 4. С.40-45.

3. Бутов И.В. К изучению разнообразия морских растений литорали южных Курильских островов // Вестник КрасГАУ. 2016б. № 5. С.39-43.

Работы в материалах конференций

4. Бутов И.В., Баранов А.Ю. Литоральная флора охотоморского побережья острова Шикотан (Курильские острова) // Материалы научно-технических конференций студентов, аспирантов и молодых ученых Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. Т.1. С. 270-272.

5. Левенец И.Р., Бутов И.В., Цурпало А.П. Литоральная флора охотоморского побережья острова Шикотан // Материалы II Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана», Владивосток, 22-24 мая 2012 г. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2012. Ч.1. С. 214-218.

6. Бутов И.В., Левенец И.Р. Распределение макрофитов на литорали о. Шикотан (Южные Курильские острова) // X Дальневосточная конференция по заповедному делу. Благовещенск, 25-27 сентября 2013 г.: Материалы конференции. Благовещенск: Издательство БГПУ, 2013. С. 71-73.

7. Butov I.V., Levenets I.R. Intertidal macrophytes on the Sea of Okhotsk coast of Shikotan Island (southern Kuril Islands) // Proceedings of the Russia-China Bilateral Symposium on Marine Ecosystems under the Global Change in Northwestern Pacific, Vladivostok, Russia, October 8-9, 2012. Vladivostok: Dalnauka, 2012. P. 47-50.

8. Butov I.V., Levenets I.R. The Intertidal Flora's Composition of Shikotan Island, Southern Kurile Islands // Ecology of the marginal seas and their basins – 2013: Materials

of the International Scientific Conference, September, 28-30, Vladivostok, Russia, 2013. Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2013. P. 48-54.

9. Butov I.V. The intertidal flora of Shikotan Island (southern Kurile Islands) before and after earthquake // Abstracts of the International Conference “Unique Marine Ecosystems: Modern Technologies of Explorations and Conservation for Future Generations”, Vladivostok, Russia, August 4–7, 2016 / [Compiler Dr. Olga G. Shevchenko]. – Vladivostok: Far Eastern Federal University, 2016. P. 31-32.

БУТОВ
Иван Владимирович

ЛИТОРАЛЬНАЯ ФЛОРА ОСТРОВОВ
МАЛОЙ КУРИЛЬСКОЙ ГРЯДЫ
03.02.10 – гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук