



На правах рукописи

Степанов Вадим Георгиевич

Дальневосточные голотурии рода Cusumaria

03.00.18. – гидробиология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Владивосток – 2003

Работа выполнена в Камчатском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии

Научный руководитель доктор биологических наук,
профессор Левин Валерий Семенович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук
Адрианов Андрей Владимирович

кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Смирнов Алексей Владимирович

Ведущая организация: Дальневосточный государственный университет

Защита состоится «11» июня 2003 г. в «10:00» часов на заседании диссертационного совета Д 005.008.02 при Институте биологии моря ДВО РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии моря ДВО РАН

Автореферат разослан «5» мая 2003 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, к.б.н.



Е.Е. Костина

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Голотурии - одна из широко распространенных и значительных по численности и биомассе групп морских беспозвоночных. Они входят в состав большинства бентических сообществ и в ряде случаев играют в них доминирующую роль. Экологическая роль голотурий велика, они оказывают мощное воздействие на биопереработку органического материала на дне моря (Левин, Воронова, 1979; Левин, Шпилов, 1982; Левин, 1988; 1990; 1999; Левин, Саяпина, 1988).

Эти животные играют важную роль в хозяйственной деятельности человека. Их используют в качестве пищевых продуктов, которые обладают не только гастрономическими, но и лечебными качествами. В последнее время голотурии привлекли внимание фармакологов и биохимиков, так как в них обнаружены химические соединения с выраженной биологической активностью. В России эти вещества используют для изготовления лекарств, добавляют в зубную пасту, кремы и др. Среди дальневосточных голотурий наибольшее хозяйственное значение могут иметь голотурии рода *Cucumaria*. Несмотря на значительные запасы, эти животные в настоящее время практически не добываются. Тем не менее, использование их в России имеет большие перспективы и, несомненно, промысел кукумарий будет постепенно увеличиваться.

В связи с вышесказанным, задача выяснения систематического состава кукумарий становится не только академической, поскольку от ее решения зависит разработка методов контроля и регуляции численности видов. Несмотря на то, что систематике и биологии кукумарий посвящены многие десятки работ, объем рода и таксономические отношения отдельных видов до сих пор нельзя считать окончательно установленными.

Цели и задачи работы. Основной целью данной работы являлось уточнение видового состава дальневосточных кукумарий на основе анализа их морфологической изменчивости.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

- оценить размах вариации морфологических признаков кукумарий;
- выявить признаки, таксономически значимые на видовом уровне;
- провести сравнительный анализ морфологической изменчивости дальневосточных кукумарий и уточнить их видовой состав.

Кроме того, был проведен анализ собственных и литературных данных с целью выяснения распределения дальневосточных кукумарий.

Научная новизна. Показано, что вид *C. japonica* сборный, и его ареал значительно уже, чем считалось ранее. Описано три новых вида кукумарий: *C. conicospermium*, *C. levini* и *C. okhotensis*. Впервые разработана методика компьютерного анализа формы спикул голотурий рода *Cucumaria*.

Теоретическая и практическая значимость. Предлагаемая методика компьютерного анализа формы спикул голотурий дает приемлемые результаты и может оказаться полезной при решении таксономических и популяционных задач.

Показано, что вид *C. japonica* сборный и описано три новых вида кукумарий: *C. conicospermium*, *C. levini* и *C. okhotensis*. Это важно не только с научной точки зрения, но и с практической, поскольку разные виды кукумарий отличаются по химическому составу и теоретически могут иметь различное применение при разработке фармакологических препаратов.

На основе собственных и литературных данных уточнено распределение дальневосточных кукумарий.

На основе собственного опыта и литературных данных даны рекомендации по проведению промысла кукумарий.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2000» (Москва, 2000), на региональной научно-практической конференции «Новые информационные технологии на Камчатке. Настоящее и будущее» (Петропавловск-Камчатский, 2000), на североамериканской конференции по иглокожим (Walpole, 2001), на объединенном Гидробиологическом и Экологическом семинаре Института биологии моря ДВО РАН (Владивосток, 2003).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ..

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов и списка литературы. Она содержит 92 страницы, 53 рисунка и 24 таблицы. Список цитируемой литературы насчитывает 134 работы, из них 46 - на иностранных языках. Структура автореферата в основном соответствует структуре диссертации.

Считаю приятным долгом выразить искреннюю признательность своему руководителю В.С. Левину и коллегам: О.А. Пильганчук, В.Э. Гайдаеву, Р.А. Шапореvu, Е.Н. Гудимовой, С.А. Авилову, В.И. Калининy, А.Л. Дроздовy, С.А. Тюрину, А.В. Смирновy, А.Г. Бажину, О.В. Желтоножко, Г.Н. Моисеевскому, П.С. Васильевy, Е.П. Токареву, В.И. Шалухановy, С.А. Кинасу и многим другим сотрудникам КамчатНИРО и ТИБОХа за полезные советы, товарищескую помощь и участие в сборе материалов, использованных в данной работе.

Содержание работы

Глава 1. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материал

Материалами послужили сборы автора в научно-промысловых рейсах КамчатНИРО (1992 – 2001), сотрудников КОП ТИГ ДВО РАН (1985 – 1991) и коллекционные фонды Зоологического института РАН.

Методы

Камеральная обработка. Препараты спикул голотурий готовили по общепринятой методике. После этого их просматривали под микроскопом и выводили изображение спикул на экран компьютера при помощи установки, состоящей из микроскопа «Olimpus BX-40», видеоадаптера «U-PMTVC» и видеокамеры «Sony Handicam», и сохраняли на жестком диске при помощи программы «ASUS Live 2740 (Version 2.00.01)» в виде графического файла. Для дальнейшего компьютерного анализа контуры спикул перерисовывали с их распечатанных на принтере изображений и вводили в компьютер при помощи сканера «Mustek 600 II N».

Для описания формы и типа окологлоточного кольца животных препарировали, вскрывая по правому спинному интеррадиусу, отделяли окологлоточное кольцо, измеряли его элементы, зарисовывали форму и характерные особенности.

У препарированных животных определяли характер прохождения мезентерия в полости тела.

Анализ формы спикул. Нами были разработаны численные методы нахождения количественных показателей формы спикул и написана компьютерная программа, которая производит оцифровку графического изображения спикулы в числовой массив и рассчитывает показатели формы спикул с занесением их в базу данных. Нами был проведен компьютерный анализ формы спикул кожи тела *C. frondosa*, *C. japonica*, *C. savelijevae*, *C. djakonovi*, *C. conicospermium* и *C. levini*. Рассчитывались коэффициенты формы, характеризующие удлиненность (коэффициент сферичности Рилея K_y , показатель формы K_ϕ , показатель эллиптичности K_ϵ), одностороннюю удлиненность (индекс односторонней удлиненности K_{oy}), расчлененность края (индекс кругообразности K_κ , коэффициент расчлененности K_p) и относительную площадь отверстий $Q_{отн}$ (Шванов, 1969; Викторов, 1986; Гудимова, 1991, 1999; Степанов, Гайдаев, Левин, 2000; Stepanov, Gaidayev, Levin, 2001).

Задача дифференциации видов по коэффициентам формы спикул сводилась к следующему. Для каждого коэффициента формы спикул каждого вида производили проверку на нормальность распределения по критерию Колмогорова-Смирнова (Лакин, 1990). В случае подтверждения гипотезы о нормальности распределения производили сравнение средних значений коэффициентов по t-критерию Стьюдента (Лакин, 1990). Таким образом, делался вывод о разделении видов на основе различия средних значений присущих этим видам коэффициентов формы спикул. Если гипотеза о нормальности распределения отклонялась, использовали двухвыборочный тест Колмогорова-Смирнова для сравнения форм распределений (Лакин, 1990). Заключение о видовом разделении делалось на основе разницы средних значений коэффициентов формы спикул при нормальности распределений или на несовпадении самих форм распределений в противном случае. Естественно, что показатели, обладающие нормальным законом распределения предпочтительнее, в силу меньшей требовательности к объему выборки по сравнению с ненормальным.

Глава 2. Сравнительный анализ морфологической изменчивости представителей рода *Cusumaria*

Данные о размерах и форме кукумарий достаточно условны, поскольку сильно зависят от степени сокращения тела, ввиду чего эти показатели не могут использоваться в качестве надежных диагностических признаков.

Расположение ножек может сильно варьировать – у одних особей их мало и в средней части тела животного они вообще отсутствуют даже на радиусах, у других встречаются и в интеррадиусах; вообще расположение ножек не может служить надежным таксономическим признаком.

Окраска тела сильно варьирует (темно-бурая, темно-фиолетовая, коричневая, сероватая, желтоватая, розоватая, белая) и не может быть использована в качестве надежного диагностического признака. В.С. Левиным и Е.Н. Гудимовой (1997а) были

отмечены различия в окраске некоторых внутренних структур у *C. frondosa* и *C. japonica*. Проведенные нами исследования показали, что окраска внутренних органов довольно сильно варьирует даже в пределах одной популяции и, в большинстве случаев, не может быть использована в качестве надежного таксономического признака.

Не удалось обнаружить различий в форме, расположении и размерах полиевого пузыря, каменистого канала, мышц-ретракторов, гонад и других структур; исключение составляет только расположение мезентерия.

Форма линии прикрепления мезентерия в ряде случаев отлична для каждого вида голотурий и может являться систематическим признаком. Так, существенное отличие в прохождении мезентерия в средне-задней части тела отмечено у видов *C. frondosa* и *C. japonica* (Левин, Гудимова, 1997а; Гудимова, 1999). У описанных нами видов – *C. conicospermium* и *C. levini* форма линии прикрепления мезентерия сходна с таковой у *C. frondosa* и отличается лишь в деталях. У видов *C. savelijevae* и *C. djakonovi* форма линии прикрепления мезентерия практически ничем не отличается от таковой у *C. frondosa*. Таким образом, расположение мезентерия не всегда может быть использовано в качестве диагностического признака

Строение и расположение репродуктивной системы кукумарий не является видоспецифичным признаком. Различия у разных видов могут проявляться лишь в размерах и строении яиц и сперматозоидов. Так значительные отличия в строении яиц и сперматозоидов отмечены у *C. japonica* и *C. conicospermium* (Тюрин, 2000; Тюрин, Дроздов, 2002).

Одним из важнейших в таксономическом отношении признаков является строение скелетных элементов.

Форма пластинок глоточного кольца может довольно сильно различаться в зависимости от состояния животных перед препарированием, а также их возраста. В

связи с указанными особенностями использование строения этого образования для каких-либо таксономических выводов в пределах рода затруднительно. Представляется нецелесообразным обсуждать и приводимые в некоторых работах различия в степени развития окологлоточного кольца у рассматриваемых видов, поскольку этот признак также подвержен сильной возрастной и индивидуальной изменчивости.

Нами был проведен компьютерный анализ формы спикул кожи тела *C. frondosa*, *C. japonica*, *C. savelijevae*, *C. djakonovi*, *C. conicospermium* и *C. levini*. Анализ показал, что наибольшей степенью перфорированности обладают спикулы *C. japonica* (коэффициент Q_{om} в среднем ниже, чем у других видов), наименьшей степенью перфорированности обладают спикулы *C. djakonovi*. Наибольшей степенью удлинённости обладают спикулы *C. djakonovi* (коэффициенты K_y и K_ϕ в среднем ниже, а коэффициент K_z в среднем выше, чем у других видов), наименьшей степенью удлинённости обладают спикулы *C. frondosa*, *C. japonica* и *C. levini*.

Двухвыборочный критерий Колмогорова-Смирнова по коэффициенту K_y показывает достоверные различия в формах распределения у всех рассматриваемых видов, t-критерий Стьюдента показывает разницу в средних значениях у всех видов за исключением *C. savelijevae* и *C. conicospermium*.

По коэффициенту K_ϕ , на основе двухвыборочного критерия Колмогорова-Смирнова разделяются все виды за исключением *C. levini* и *C. japonica*.

По коэффициенту K_z , на основе двухвыборочного критерия Колмогорова-Смирнова и t-критерия Стьюдента разделяются все виды за исключением *C. levini* и *C. japonica*.

Следует отметить, что коэффициенты K_ϕ и K_z характеризуют удлинённость спикул. Таким образом, можно говорить о том, что виды *C. levini* и *C. japonica* не отличаются друг от друга по степени удлинённости. Поскольку коэффициенты K_ϕ и K_z равнозначно определяют различия между этими видами, для таксономического

анализа можно использовать один из них (предпочтительней K'_y , т.к. в большинстве случаев он подчиняется закону нормального распределения).

По коэффициенту K_{oy} , характеризующим степень односторонней удлинённости, на основе двухвыборочного критерия Колмогорова-Смирнова вид *C. djakonovi* отличается от всех видов кроме *C. japonica*, а также вид *C. japonica* от видов *C. savelijevae*, *C. conicospermium* и *C. frondosa* (табл. 2.9), t-критерий Стьюдента, кроме того, не показывает разницу в средних значениях у видов *C. japonica* и *C. savelijevae*. Коэффициент K_{oy} реагирует не только на степень односторонней удлинённости спикул, но и на степень их удлинённости. Как было сказано выше, спикулы *C. djakonovi* обладают наибольшей степенью удлинённости и, по-видимому, отличия *C. djakonovi* от *C. frondosa*, *C. savelijevae*, *C. conicospermium* и *C. levini* связаны именно с этим. Таким образом, коэффициент K_{oy} нецелесообразно использовать для анализа спикул кукумарий, поскольку он не отражает степень их односторонней удлинённости.

По коэффициентам K_k и K_p , характеризующим степень расчленённости, на основе двухвыборочного критерия Колмогорова-Смирнова отличаются все рассматриваемые виды за исключением *C. conicospermium* и *C. japonica*, *C. conicospermium* и *C. levini*; t-критерий Стьюдента, кроме того, не показывает разницу в средних значениях коэффициента K_k у видов *C. frondosa* и *C. djakonovi*, *C. frondosa* и *C. levini* и разницу в средних значениях коэффициента K_p у видов *C. frondosa* и *C. djakonovi*. Поскольку коэффициенты K_k и K_p равнозначно определяют различия между видами, для таксономического анализа можно использовать один из них.

По коэффициенту Q_{omn} , характеризующим степень перфорированности, на основе двухвыборочного критерия Колмогорова-Смирнова разделяются все виды, t-критерий Стьюдента не показывает разницу в средних значениях коэффициента Q_{omn} у видов *C. savelijevae* и *C. levini*.

Глава 3. Таксономические отношения дальневосточных голотурий рода *Cucumaria*

К роду *Cucumaria* за всю историю его исследования было отнесено 165 видов. В настоящее время 43 вида из них считаются валидными (Solis-Marin, Laguarda-Figueras, 1999). Систематике и биологии голотурий рода *Cucumaria* посвящено множество работ, тем не менее таксономические отношения внутри рода до сих пор нельзя считать окончательно установленными. Начнем с того, что вопрос о видовой самостоятельности *C. japonica* неоднократно, начиная с М. Бриттена (Britten, 1906–1907), подвергался сомнению, и ряд исследователей высказывали мнение о том, что *C. japonica* – только подвид (Савельева, 1941; Lambert, 1984, 1997) или варietet (Mortensen, 1932; Panning, 1949, 1955) *C. frondosa*. Последние исследования (Авилов, Стоник, Калиновский, 1990; Авиллов и др., 1993; Калинин и др., 1994; Левин, Гудимова, 1997а, 1999; Авиллов, 2000) показали достоверные различия этих видов на морфологическом и биохимическом уровнях.

Кроме того, последние исследования показали, что вид *C. japonica* сборный, и ареал его распространения значительно уже, чем считалось ранее. З.И. Баранова (1980) описала два вида кукумарий с шельфа Камчатки – *C. savelijevae* и *C. djakonovi* и долгое время статус этих видов не признавался. Проведенные нами исследования подтверждают правомерность их выделения. В 1996 г. в Охотском море обнаружен новый вид голотурий – *C. levini*, также ранее принимаемый за *C. japonica* (Степанов, Пильганчук, 2002). В 1997 г. в Японском море в районе южных Курильских островов обнаружен новый вид кукумарий – *C. conicospermium*, который отличается от *C. japonica* строением спикул кожи тела и интроверта (Левин, Степанов, 2002), составом тритерпеновых гликозидов (Авиллов, 2000) и строением сперматозоидов (Тюрин, 2000; Тюрин, Дроздов, 2002). В 2001 г. в Охотском море обнаружен новый вид голотурий – *C. okhotensis* (Левин, 2003, в печати).

Морфологические различия дальневосточных видов голотурий рода *Cucumaria*

Cucumaria japonica Semper, 1868

C. japonica отличается от других представителей рода строением спикул кожи тела, ротового диска, интроверта и ножек. Характерными спикулами кожи тела *C. japonica* являются суженные к одному концу пластинки с шиповатым краем, множеством округлых отверстий и большим количеством бугорков на поверхности. Значение коэффициента формы $Q_{\text{омн}}$ спикул кожи тела, характеризующего степень их перфорированности, колеблется от 2,36 до 4,38, что значительно ниже, чем у других дальневосточных кукумарий. Компьютерный анализ формы спикул кожи тела показал, что *C. japonica* отличается от других видов (за исключением *C. levini*) по коэффициентам K_{ϕ} и K_s ; от *C. levini* она отличается по коэффициентам K_y , K_{κ} , K_p и $Q_{\text{омн}}$. По коэффициентам K_{κ} и K_p *C. japonica* отличается от всех видов кроме *C. conicospermium*. Кроме того, *C. japonica* отличается от всех рассмотренных видов по коэффициентам K_y и $Q_{\text{омн}}$. Спикулы ножек сходны с таковыми стенок тела, но чаще встречаются рассеченные перфорированные пластинки. В ротовом диске и интроверте встречаются решетчатые пластинки разной формы с зубчатым краем. По мере развития спикул они утолщаются, на их поверхности появляются «мостики», шиповатые выросты, чего не наблюдается у других дальневосточных кукумарий. Удлиненные пластинки по мере развития могут преобразовываться в объемные решетчатые веретеновидные или конические структуры.

У *C. japonica* отмечено существенное отличие от других дальневосточных кукумарий в прохождении мезентерия кишечника в средне-задней части тела. У этой голотурии мезентерий проходит от переднего конца тела в миддорсальном интеррадиусе, пересекает левую дорсальную, левую вентральную и мидвентральную продольные мышечные ленты у основания соответствующих ретракторов, образует петлю в интеррадиусе и подходит к клоаке по срединной линии мидвентральной

ленты; у других дальневосточных кукумарий мезентерий пересекает лишь левую дорсальную и вентральную продольные мышечные ленты и вдоль левой стороны мидвентральной мышечной ленты, а затем срединной ее линии спускается к клоаке.

***Cucumaria savelijevae* Baranova, 1980**

C. savelijevae существенно отличается от других представителей рода строением спикул кожи тела, ротового диска, интроверта и ножек. В коже тела преобладают удлинённые пластинки с неровным краем и небольшим количеством крупных и мелких отверстий удлинённой, неправильной и округлой формы. Характерными чертами спикул являются наличие очень крупных отверстий удлинённой или неправильной формы, а также длинных сильно разветвлённых выступов, зачастую отходящих от края. Компьютерный анализ формы спикул кожи тела показал, что *C. savelijevae* по форме распределения коэффициента K_y отличается от всех видов, t-критерий Стьюдента показал различия в средних значениях этого коэффициента от всех видов за исключением *C. conicospermium*; от *C. conicospermium* она отличается по коэффициентам K_ϕ , K_z , K_k , K_p и $Q_{отн}$. По форме распределения коэффициента $Q_{отн}$ *C. savelijevae* отличается от всех видов, t-критерий Стьюдента показал различия в средних значениях этого коэффициента от всех видов за исключением *C. levini*. Кроме того, *C. savelijevae* отличается от всех видов по коэффициентам K_ϕ , K_z , K_k и K_p .

***Cucumaria djakonovi* Baranova, 1980**

C. djakonovi отличается от других представителей рода строением спикул кожи тела, ротового диска, интроверта и ножек. Характерными спикулами являются сильно вытянутые пластинки с небольшим количеством бугорков и отверстий округлой, овальной и щелевидной формы (1 – 2 отверстия в поперечном ряду). Спикулы кожи тела *C. djakonovi* обладают наименьшей степенью перфорированности и наибольшей степенью удлинённости по сравнению с другими видами

дальневосточных кукумарий. Компьютерный анализ формы спикул кожи тела показал, что *C. djakonovi* отличается от всех рассмотренных видов по коэффициентам K_y , K_ϕ , K_γ и Q_{omn} . По форме распределения коэффициентов K_κ и K_p *C. djakonovi* отличается от всех видов, t-критерий Стьюдента показал различия в средних значениях этих коэффициентов от всех видов за исключением *C. frondosa*.

***Cucumaria conicospermium* Levin et Stepanov, 2002, sp. n.**

Новый вид *C. conicospermium* отличается от других представителей рода формой спикул кожи тела и интроверта. Преобладающий тип спикул кожи тела – суженные к одному концу и заканчивающиеся острым шипом (шипами) удлинённые перфорированные пластинки с отверстиями, равномерно распределёнными по поверхности (1 – 3 отверстия в поперечном ряду); поверхность пластинок обильно покрыта бугорками, а их край снабжен острыми зубцами. Компьютерный анализ формы спикул кожи тела показал, что форме распределения коэффициента K_y *C. conicospermium* отличается от всех видов, t-критерий Стьюдента показал различия в средних значениях этого коэффициента от всех видов за исключением *C. savelijevae*; от *C. savelijevae* она отличается по коэффициентам K_ϕ , K_γ , K_κ , K_p и Q_{omn} . По коэффициентам K_κ и K_p *C. conicospermium* отличается от всех видов за исключением *C. levini* и *C. japonica*. Кроме того, *C. conicospermium* отличается от всех рассмотренных видов по коэффициентам K_ϕ , K_γ и Q_{omn} . В интроверте встречаются овальные и удлинённые пластинки со сглаженным краем, множеством относительно мелких отверстий и дугообразными перемычками, соединяющих бугорки. У других известных кукумарий подобные пластинки встречаются в единичном количестве или же не встречаются совсем.

Сперматозоиды *C. conicospermium* имеют совершенно необычное для кукумариид строение. Имея бочонкообразное ядро, они обладают конической головкой, что обусловлено наличием большой акросомы (Тюрин, 2000; Тюрин,

Дроздов, 2002), тогда как большинство видов голотурий имеют сферическую или эллипсоидную форму сперматозоидов (Дроздов, Касьянов, 1985; Дроздов, Иванков, 2000). Особенности структуры сперматозоидов и их принципиальные отличия от сперматозоидов подробно рассмотрены сотрудниками Дальневосточного государственного университета и Института биологии моря ДВО РАН (Тюрин, Дроздов, 2002).

Кроме того, *C. conicospermium* отличается от других видов составом тритерпеновых гликозидов (Авилов, 2000).

***Cucumaria levini* Stepanov et Pilganchuk, 2002, sp. n.**

Новый вид *C. levini* отличается от других представителей рода формой спикул кожи тела и ножек. Преобладающий тип спикул кожи тела и ножек – массивные рассеченные перфорированные пластинки. Эти спикулы имеют некоторые черты сходства с таковыми у *C. frondosa*, но отличаются по ряду признаков. Так, у нового вида спикулы имеют более зазубренный край, поверхность их в большей степени покрыта бугорками, отверстия значительно отличаются друг от друга по форме и размерам и расположены плотнее, из-за чего в средней части пластинки зачастую приобретают сотообразную форму. На поверхности пластинок не обнаружено «мостиков» и шиповатых выростов, часто встречающихся у *C. frondosa* и *C. japonica*. Степень удлинённости спикул *C. levini* сходна с таковой у *C. japonica*, но степень их перфорированности значительно ниже. Компьютерный анализ формы спикул кожи тела показал, что *C. levini* отличается от других видов (за исключением *C. japonica*) по коэффициентам K_ϕ и K_z , характеризующим степень удлинённости; от *C. japonica* она отличается по коэффициентам K_y , K_k , K_p и $Q_{отн}$. По форме распределения коэффициентов K_k и K_p *C. levini* отличается от всех видов за исключением *C. conicospermium*, t-критерий Стьюдента не показал разницу в средних значениях коэффициента K_k между *C. levini* и *C. frondosa*. Кроме того, *C. levini* отличается от

всех рассмотренных видов по коэффициентам K_y и $Q_{\text{они}}$.

***Cucumaria okhotensis* Levin et Stepanov, sp. n.**

C. okhotensis существенно отличается от остальных известных видов кукумариид рядом признаков, относящимся к строению и окраске тела, форме плоточного кольца, форме и размерам спикул. Строение основной части радиальных пластинок известкового плоточного кольца ближе всего с таковым *C. djakonovi*, однако пластинки нового вида существенно отличаются от строения кольца этого (и всех прочих известных видов кукумариид) строением соединительных частей пластинок. Среди спикул кожи тела нового вида имеются «мечеобразные» пластинки (Баранова, 1980, рис. 5 Б), но они меньше по размерам описанных и располагаются не в спинных, а в брюшных интеррадиусах; для спинных же спикул нового вида наиболее характерны их большие размеры – (330 мкм, тогда как у *C. djakonovi*, как можно судить по рисунку, не более 180) и «лучевая» форма одного из краев пластинки. Очень характерна светлая окраска щупалец, а также резкое обесцвечивание препаратов тела при обработке жавелевой водой, не наблюдаемые у других исследованных видов кукумариид (Левин, в печати).

Глава 4. Распространение, численность, экология дальневосточных голотурий рода *Cucumaria*

Среда обитания

Обитают кукумарииды в сходных условиях. Они встречаются от нижних горизонтов литорали до 300 м. Молодые особи предпочитают заросли водорослей и прогреваемые в летний период мелководья, взрослые – глубины 40-90 м и сравнительно открытые участки скалистого, каменистого или илистого грунта. Кукумарииды предпочитают температуру от минус 1,8 до 3,0°C и соленость 31,5 – 34‰. Однако замечено предпочтение опресненной воды с соленостью близкой к 31,5‰

вблизи устьев рек.

По данным съемки 1988 г., проведенной БМРТ "Гидробиолог" (Отчет по договору..., 1988) на шельфе западной Камчатки, для района наиболее плотной концентрации голотурий характерно чередование участков среднезернистого песка с выровненным микрорельефом, участков с волнистым рельефом и гравийно-галечным грунтом. Протяженность таких участков 100 - 700 м. Скопления представлены группами (агрегациями) с численностью от 2 до нескольких сотен. На песчаных участках протяженностью 11 - 470 м встречаются, как одиночные особи, так и группы из 2 - 8 особей. Обилие голотурий на таких участках - 0,05 экз./м². На гравийно-галечных участках протяженностью 140 - 170 м кукумария занимает впадины между гребнями симметричных рифелей (расстояние между гребнями - 1,5 - 2 м, высота - 0,5 м) и образует вытянутые полосами, часто неправильные группы шириной 30 - 40 см и длиной до нескольких десятков метров. Обилие голотурий на таких участках 10 - 40 экз./м². На гребнях рифелей встречаются только одиночные особи.

Распределение и численность

В дальневосточных морях кукумарии распространены от Японии до Камчатки и Корякского побережья. В массовых количествах они встречаются у юго-западного побережья Камчатки, у юго-восточного побережья Кунашира, в Южно-Курильском проливе, у о-в Малой Курильской гряды, в водах Южного Сахалина, в Японском море от зал. Посыета до Татарского пролива и у берегов Японии. Поскольку видовое распределение дальневосточных кукумарий пока не установлено, мы рассматриваем их распределение без указаний вида.

В Татарском проливе, по данным А.И. Пискунова и А.А. Архипова (1990), основные скопления кукумарии приурочены к координатам 48°14' до 47°08' с.ш. на глубинах 25 – 30 м; южнее мыса Кузнецова в районе 46°20' – 45°56' с.ш. на глубинах 33-

35 м и 50 – 55 м; максимальные скопления обнаружены в районе Ильинского мелководья, где уловы достигают 2 т за траление на глубине 50 м. Общие сырьевые запасы кукумарии в Татарском проливе составляют 3 тыс. т, возможный вылов 300 т.

В заливе Анива кукумария распространена в основном в западной части на глубинах 20-50 м. Наибольшие уловы отмечены в районе 46°17' – 46°59' с.ш. на глубинах 20 – 25 м (1,0 – 3,5 т за траление). В кустовой части масса животных равнялась 447 г (Пискунов, Архипов, 1990).

В заливе Терпения кукумария распространена вдоль побережья от 47°37' с.ш. до северной части залива на глубинах 25 – 75 м. Максимальные уловы достигают 1,5 т, масса животных варьирует от 1330 до 408,3 г. Общий запас составляет 20 тыс. т (Пискунов, Архипов, 1990).

У южных Курил кукумария встречается на глубине 10 – 100 м. Плотность ее здесь варьирует от 0,001 до 2,12 экз./м² (Кочнев, 1990). Наиболее плотные скопления наблюдаются в центральной части Южного Курильского мелководья, севернее острова Полонского и у прибрежных участков некоторых островов Малой гряды между изобатами 20 – 50 м (Кочнев, 1990; Пискунов, Архипов, 1990). Уловы достигают 1700 экз. (1,7 т за драгирование) (Пискунов, Архипов, 1990). Величина сырьевых ресурсов на Южно-Курильском мелководье составляет не менее 315,1 млн. шт. (94,5 тыс. т) (Кочнев, 1990).

У Северного Приморья, по данным А.И. Пискунова и А.А. Архипова (1990), кукумария распространена вдоль побережья отдельными участками. Наиболее плотные скопления с уловами 100 – 350 экз. за траление она образует в районе с координатами 42°30' с.ш. на глубинах 200 – 300 м. У мыса Поворотного – второе скопление в координатах 45°40' с.ш. на глубинах 2 – 50 м, в районе 46°10' с.ш. на глубинах 20-50 м, а также на участке 46°40' с.ш. с глубины 50 – 80 м при средней массе 373,4 г.

В Уссурийском заливе животные занимают значительные площади, но необходимо отметить только два небольших скопления с уловами до 10 ц и более на участках с перепадом глубин 30 – 50 м (Пискунов, Архипов, 1990).

В заливе Петра Великого кукумарии обнаружены на глубинах 17 – 90 м на рыхлых грунтах (от песка до глинистого ила); чаще встречается на глубинах 30 – 50 м с илистым песком (Климова, Левин, Маркова, 1987).

В 2001 г. нами было выполнено две учетные траловые съемки на шельфе Западной Камчатки: в июле на СРТМ-К «Пограничник Петров» и в августе на МРС-268. Промысловое скопление кукумарии находилось в районе с координатами 52°25'-53°00' с.ш. на глубине 20 – 70 м. Наибольшие уловы наблюдались в координатах 52°40 с.ш. на глубине 50 м и достигали 1730 кг на 30 минут траления при горизонтальном раскрытии трала 16 м. Общая площадь скопления составила 2014 км², запас его был оценен в 16,106 тыс. т.

Глава 5. Перспективы хозяйственного использования кукумарий

Своеобразие химического состава и биологических особенностей голотурий, как и большинства промысловых донных организмов, определяет многообразие способов их использования.

Мясо кукумарии содержит меньше белков и моносахаров, чем мясо морских моллюсков и ракообразных, но в нем значительно больше минеральных веществ: хлористых и сернокислых солей, фосфора, кальция, магния, йода, железа, марганца, меди (в 1000 раз больше, чем в рыбе); в тканях оболочки (кожно-мышечного мешка) голотурий обнаружены витамины (тиамин, рибофлавин, В12, С) (Кизеветтер, 1962; Слуцкая, 1971, 1973, 1976; Наседкина, 1973; Сафронова, Ткаченко, Чураков и др., 1976; Технология обработки..., 1976). Ко всему прочему, кукумарии нетоксичны, удобны в хранении и переработке, правильно приготовленные обладают интересной вкусовой гаммой.

Использование голотурий в мировой практике определяется не только употреблением их в пищу, но и получением из них ценных химических соединений. Из оболочки тела голотурий (кожно-мышечного мешка) и внутренностей выделены вещества с выраженными биологически-активными свойствами. Они обладают противоопухолевой, антимикробной активностью, им присущи иммуномодулирующие и радиозащитные свойства.

Исследовано биологическое действие содержащихся в голотуриях соединений, относящихся к трем группам: тритерпеновые гликозиды, гексозамины и липиды (Левин, 1982). Тритерпеновые гликозиды обладают ихтиотоксическим и гемолитическим действием, антигрибковой, противоопухолевой, гемолитической, цитолитической активностью и проявляют иммуномодулирующие свойства (Анисимов и др., 1972; Рубцов, Ружицкий, Клебанов и др., 1980; Stonik, Elyakov, 1988; Седов, Апполонин, Севастьянова и др., 1990; Калинин, Левин, Стоник, 1994; Попов, Атопкина, Самошина и др., 1994). Липиды обладают высокой антисклеротической активностью (Манасова, 1974). Установлено, что гексозамины, в частности глюкозамин, усиливает действие антибиотиков, задерживает рост некоторых злокачественных образований, применяется при лечении сердечно-сосудистых заболеваний (Николаева, 1969).

Технология приготовления продуктов из кукумарии подробно разработана на Дальнем Востоке. Из нее готовят разнообразную пищевую продукцию: мороженную, варено-сушеную, варено-соленую, варено-солено-сушеную, консервы, кормовую муку и т.д. (Селюк, 1951; Эртель, 1951; Кизеветтер, 1962; Слуцкая, 1973; Технология обработки..., 1976; Денисенко и др., 1986; Швидкая, Блинов, Долбнина, 1992; Гончаренко, Гроссман, 1994; Репина, Сватко, Солодова и др., 1997; Шульгина, Блинов, Загородная и др. 1997; Шульгина, Галкина, Загородная и др., 1997).

Основные выводы

1. Разработана методика компьютерного анализа формы спикул голотурий рода *Cuscutaria*, позволяющая на статистической основе оценивать достоверность различий по таким признакам, как удлиненность, односторонняя удлиненность, расчлененность края, относительное количество отверстий. Проверка чувствительности коэффициентов при анализе спикул показала, что они более или менее адекватно отражают особенности формы спикул. Визуально различающиеся спикулы хорошо различаются и по использованным показателям. Таким образом, предлагаемая нами методика количественного анализа формы спикул голотурий дает приемлемые результаты и может оказаться полезной при решении таксономических и популяционных задач.

2. Показано, что вид *Cuscutaria japonica* - сборный, и его ареал значительно уже, чем считалось ранее. Просмотр коллекционных материалов с Курильских о-вов, побережья Камчатки и Командорских о-вов показывает, что за *C. japonica* ошибочно принимались другие виды и, таким образом, *C. japonica* не поднимается севернее южных Курильских о-вов.

3. Наши исследования подтверждают данные З.И. Барановой (1980), описавшей два вида кукумарий с шельфа Камчатки – *Cuscutaria savelijevae* и *Cuscutaria djakonovi*.

4. Описано три новых вида кукумарий: *Cuscutaria conicospermium* из Японского моря, *Cuscutaria levini* и *Cuscutaria okhotensis* из Охотского моря. *C. conicospermium* отличается от других представителей рода формой спикул кожи тела и интроверта, строением сперматозоидов и составом тритерпеновых гликозидов, *C. levini* – формой спикул кожи тела и ножек, *C. okhotensis* – рядом признаков, относящихся к строению и окраске тела, форме глоточного кольца, форме и размерам спикул.

5. На основе собственных и литературных данных уточнено распределение

дальневосточных кукумарий. Приведено состояние сырьевых ресурсов кукумарий в разных районах дальневосточных морей России.

6. На основе собственного опыта и литературных данных даны рекомендации по проведению промысла кукумарий. Показано многообразие способов использования кукумарий и приведена технология приготовления некоторых полуфабрикатов.

Список публикаций по теме диссертации

1. Левин В.С., Степанов В.Г. *Cucumaria conicospermium* sp. n. (Dendrochirotida, Cucumariidae) – новая голотурия из Японского моря // Биол. моря. 2002. Т. 28, № 1. С. 66-69.

2. Степанов В.Г., Гайдаев В.Э., Левин В.С. Компьютерные методы количественного анализа формы спикул голотурий (на примере рода *Cucumaria*) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана: Сб. научных трудов. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2000. Вып. 5. С. 205-210.

3. Степанов В.Г., Пильганчук О.А. Типы формы спикул голотурий рода *Cucumaria* // Материалы Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов». М.: Изд-во МГУ. 2000. Вып. 4. С. 68.

4. Степанов В.Г., Пильганчук О.А. *Cucumaria levini* sp. n. (Dendrochirotida, Cucumariidae) – новая голотурия из Охотского моря // Зоол. журн. 2002. Т. 81, № 11. с. 1392-1397.

5. Stepanov V.G., Gaidarov V.E., Levin V.S. Quantitative computer methods for the analysis of the spicular shape in the holothurian *Cucumaria spp* // Fourth North American Echinoderm Conference Program and Abstracts: August 22-26, 2001. Gulf of Mexico Science. 2001. Vol. 19, N 2. P. 165-193.