

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПРИ ПЕРЕСМОТРЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СТАТУСА ГОЛОТУРИИ BOHADSCHIA GRAEFFEI С ВЫДЕЛЕНИЕМ НОВОГО РОДА

В. С. ЛЕВИН, В. И. КАЛИНИН, В. А. СТОНИК

*Лаборатория хронологии Института биологии моря и Лаборатория биосинтеза
Тихоокеанского института биоорганической химии ДВНЦ АН СССР,
Владивосток 690022*

Анализируются данные по морфологии, биохимии и экологии тропической щитовиднощупальцевой голотурии *Bohadschia graeffei* (Semper) и обосновывается необходимость выделения этого вида в отдельный род. Приведено описание вновь устанавливаемого рода *Pearsonothuria* и переописание *P. graeffei* (Semper).

Chemical characters and taxonomic revision of holothurian *Bohadschia graeffei* (Semper) as refer to erection of a new genus. V. S. Levin, V. I. Kalinin, V. A. Stonik (Laboratory of Horology, Institute of Marine Biology and Laboratory of Biosynthesis, Institute of Bioorganic Chemistry, Far East Science Center, Academy of Sciences of the USSR, Vladivostok 690022)

The analysis of the morphological, biochemical and ecological characters of tropical holothurians *Bohadschia graeffei* demonstrates the necessity of emerging a new genus to accomodate this species taxonomically. The description of a new genus *Pearsonothuria* is given.

В последние годы расширяется использование химических признаков в систематике различных групп растений и животных. Достигнуты определенные успехи и в хемосистематике морских организмов, в частности водорослей (Howard et al., 1980) и губок (Berquist, Hartman, 1969). Использование так называемых «новых», в том числе химических признаков в систематике наталкивается на ряд серьезных объективных трудностей (см., например: Заренков, 1976). В то же время нередко применению химических данных в таксономической практике препятствуют не столько объективные причины, сколько инерция исследователя, трудность или нежелание отойти от устоявшихся традиционных приемов работы.

К числу животных, при установлении таксономического статуса которых уже сейчас возможно применение химических признаков, относятся голотурии. Состав содержащихся в них тритерпеновых гликозидов специфичен у групп *Holothurioidea* различного таксономического ранга. Установлено, что структура агликонных частей гликозидов разных отрядов, семейств и даже родов различается (Elyakov et al., 1973, и др.). Поэтому специфичность состава гликозидов может быть аргументом при уточнении систематического положения отдельных групп голотурий.

Род *Bohadschia* Jaeger, 1833 включает в настоящее время 13 ви-

дов, встречающихся только в тропической и субтропической зонах Индопацифики (Clark, Rowe, 1971). Это обычно очень крупные, часто ярко окрашенные, хорошо заметные голотурии. Несколько их видов являются промысловыми, используются под сборным названием «трепанг» и высоко ценятся (Panning, 1944). Указанные причины способствовали довольно хорошей изученности группы.

Предварительное исследование химического состава тритерпеновых гликозидов нескольких представителей рода *Bohadschia* (Elyakov et al., 1973) показало, что один из них, *B. graeffei*, отличается по этому признаку от остальных. В ходе проведенных одним из авторов полевых наблюдений и обработки собранной коллекции (Левин, 1979а, 1980) накопились данные, свидетельствующие также о значительных морфологических и экологических отличиях этого вида от других представителей рода. В самое последнее время получены новые химические данные, убедившие авторов в необходимости пересмотра таксономического статуса *B. graeffei* и выделения этого вида в отдельный род. Диагноз последнего приведен ниже.

Род. *Pearsonothuria* Levin, gen. n.

Типовой вид — *Holothuria graeffei* Semper, 1868 (по монотипии); Индопацифика.

Щитовиднощупальцевые голотурии с удлинненным телом. Кожа толстая, мягкая. Брюшные амбулакральные ножки крупные, располагаются тремя отчетливыми рядами. Имеется 25 очень крупных щупалец. Спикулы в коже тела представлены палочками с многочисленными неправильными разветвлениями, концы которых могут сливаться, и своеобразными булавообразными телами. Основным компонентом гликозидной фракции является голотурин A_2 .

Род назван в честь известного специалиста в области систематики голотурий Дж. Пирсона.

В связи с недостаточной полнотой литературных данных, относящихся к типовому виду рода, приводим его описание.

Pearsonothuria graeffei (Semper, 1868) (Рис. 1)

Holothuria graeffei Semper, 1868, S. 78, Taf. 30, Fig. 7; Ludwig, 1882, p. 135; Lampert, 1885, S. 89; Théel, 1886, p. 209; Koehler, 1895, p. 280; Sluiter, 1901, S. 8; Koningsberger, 1904, p. 47; Pearson, 1913, p. 61, pl. 8, fig. 7; *Bohadschia graeffei*: Pearson, 1914, p. 170; Panning, 1944, S. 44, Abb. 13b; Rowe, 1969, p. 130; Левин, 1979а, с. 19; *Holothuria* (*Bohadschia*) *graeffei*: Panning, 1929, S. 124—125, Abb. 6.

Материал. Просмотрено 15 экз.; для химического анализа использовано около 50 экз.

Описание. Длина до 30 см, поперечник до 4 см. Тело вытянутое, вальковатое. Спинная сторона закругленная, брюшная уплощена в отчетливую подошву. Кожа толстая, мягкая, собрана в невысокие поперечные складки. Брюшные амбулакральные ножки очень

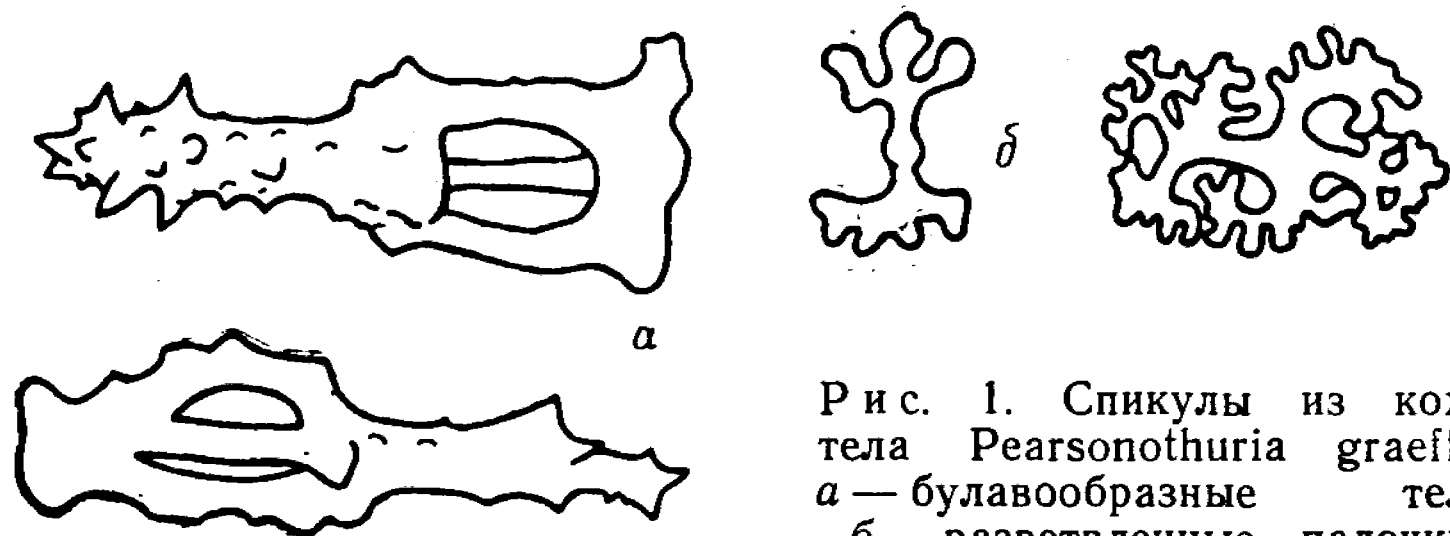


Рис. 1. Спикулы из кожи тела *Pearsonothuria graeffei*.
а — булавообразные тела,
б — разветвленные палочки

крупные, цилиндрические, расположены тремя отчетливыми рядами, из которых средний наиболее широкий (5—6 ножек в средней части тела), а боковые несколько уже (до 3 ножек). В промежутках между рядами ножек лежат очень мелкие папиллы. Спинные папиллы небольшие, располагаются неотчетливыми рядами. Щупалец 25, чрезвычайно крупных (сухая относительная масса около 3%); у фиксированных экземпляров щупальца полностью не втягиваются. Окраска тела желтовато-серая или каштаново-серебристая, с многочисленными очень мелкими темными пятнами; встречаются также крупные неправильной формы пятна, несколько более темные, чем основной цвет тела. Щупальца угольно-черные с белыми венчиками.

Полиевые пузыри небольшие, до 2 мм в длину; длина ампул ножек — до 1 см; ампулы щупалец очень крупные. Число каменистых каналов варьирует. Гонада в виде пучка разветвленных трубочек. Кювьеровы органы многочисленные, хорошо развиты.

Глоточное кольцо массивное. Радиальные пластинки высокие, передняя их часть в виде полумесяца, основание сильно вырезано, интеррадиальные пластинки почти в два раза ниже радиальных, с треугольной вершиной, прямым или слегка волнистым задним краем. Спикулы в коже тела и в амбулакральных ножках двух типов: многочисленные сильно разветвленные палочки, отростки которых могут сливаться, превращаясь в продырявленные пластинки, и своеобразные булавообразные тела, образованные 3—4 стойками, сросшимися по концам и заканчивающимся массивным шиповатым выростом (рис. 1). В районе ануса встречаются спикулы с диском, напоминающие башенки. Опорные палочки в ножках отсутствуют. В щупальцах располагаются крупные пластинки с неровным краем и немногочисленные очень короткие палочки.

Основным компонентом гликозидной фракции является голотурин A_2 . Возможно наличие и других голотуринов.

З а м е ч а н и е. *V. graschi* из Красного моря морфологически весьма близок к *P. graeffei* (Cherbonnier, 1954), и его, возможно, следует также отнести к роду *Pearsonothuria*. Однако до исследования химического состава гликозидов *V. graschi* изменение его таксономического статуса представляется нам преждевременным.

Р а с п р о с т р а н е н и е. Острова центральной части Тихого океана, Филиппины, Индонезия, Мальдивские острова, Красное море. Наиболее характерное местообитание — наружная кромка коралловых рифов, находящаяся в условиях умеренного волнового воздействия. Часто отмечен на очень узкой (ширина 2—3 м) полосе вдоль края риффлета на глубине 0,5—2 м.

Рассмотрим отличия *P. graeffei* от видов рода *Bohadschia*.

М о р ф о л о г и я. Тело *P. graeffei* вытянуто и имеет по всей длине почти одинаковую ширину, тогда как тело бохадчий, как правило, крепкое, более или менее сигарообразное. Весьма существенна разница в количестве и расположении амбулакральных придатков, на что впервые обратил внимание еще Пирсон (Pearson, 1913, 1914). В отличие от большинства бохадчий, амбулакральные ножки которых небольшие и беспорядочно распределены по брюшной стороне, *P. graeffei* (а также *V. graschi*) имеют ножки очень крупные и собранные в три резко отграниченных ряда. У *P. graeffei* (и *V. graschi*) по 25 щупалец, тогда как у остальных бохадчий по 20. Щупальца у *P. graeffei* чрезвычайно крупные, их относительная сухая масса у исследованных нами особей составила $3,1 \pm 0,1\%$, тогда как средний показатель для группы видов *V. argus*, *V. marmorata*, *V. paradoxa*, *V. tenuissima* и *V. vitiensis* — $0,3 \pm 0,1\%$ (Левин, 1980). Спикулы кожи тела *P. graeffei* (и *V. graschi*) резко отличаются от таковых других бохадчий (и всех других голотурий) наличием весьма своеобразных булавообразных (их называют также ракеткообразными и башнеобразными) тел. Связь этих образований со спикулами других типов голотурий неясна. Мы присоединяемся к мнению Пирсона (Pearson, 1913), что

булавообразные тела не гомологичны спикулам типа «башенки» других *Aspidochirota*.

Выбрасывание кювьеровых органов. Все исследованные нами виды *Bohadschia* имеют отлично развитые кювьеровы органы, которые они выбрасывают при малейшем раздражении, иногда даже при приближении пловца к голотурии. Кювьеровы органы у *P. graeffei* хорошо развиты и по внешним признакам существенно не отличаются от этих образований у бохадчий. Однако у *P. graeffei* кювьеровы органы не выбрасываются даже при самом сильном механическом раздражении животного — явление, отмеченное нами только у некоторых видов *Actinopurga* (Левин, 1979б).

Экология. По нашим наблюдениям, большинство видов *Bohadschia* обитает на открытых участках песка или у оснований коралловых колоний и ведет открытый образ жизни или периодически закапывается в песок. В отличие от них подавляющее большинство особей *P. graeffei* было встречено нами в непосредственной близости от колоний живых кораллов и непосредственно на самих колониях. Очень крупные щупальца с широкой пластинкой дают возможность этому виду собирать мелкие пищевые частицы с поверхности колоний (Левин, 1980).

Состав тритерпеновых гликозидов. Проведенные в начале 70-х гг. химические исследования показали (Elyakov et al., 1973), что основным компонентом гликозидных фракций *Bohadschia argus* и *B. marginata* является так называемый голотурин С, отличающийся по данным хроматографического анализа от гликозидов голотурий родов *Holothuria* и *Actinopurga*. Позднее японские исследователи (Kitagawa, Kobayashi et al., 1981a) установили полную структуру основного компонента гликозидной фракции еще одного вида этого рода — *B. bivittata* — и назвали его бивиттозидом D. В результате структурных исследований гликозидов *B. argus* и *B. marginata* было выяснено, что структура голотурин С и бивиттозида D совпадает; для удобства было предложено называть этот гликозид бохадшиозидом А (Elyakov et al., 1982). Таким образом, в изученных видах *Bohadschia* были найдены одни и те же наборы гликозидов, в которых основным компонентом является бохадшиозид А (рис. 2).

Уже первые исследования гликозидов выделенного теперь в новый род вида *P. graeffei* обнаружили их отличия от гликозидов, содержащихся в других исследованных видах *Bohadschia*. Хроматографически эти гликозиды идентичны сумме голотуринов типа А и В, характерных для представителей родов *Holothuria* и *Actinopurga* (Elyakov et al., 1973). В дальнейшем на основании изучения продуктов кислотного гидролиза, периодатного окисления и деградации по Смиту, физических констант и данных спектроскопии ЯМР ¹³С было показано, что основным компонентом гликозидной фракции *P. graeffei* является голотурин А₂ (Калинин, Стоник, 1982б), известный ранее для *Actinopurga echinites* (Kitagawa et al., 1980), *Holothuria edulis* (Калинин, Стоник, 1982а) и *H. floridana* (Олейникова и др., 1982).

По химическому строению голотурин А₂ близок к другим гликозидам голотурий родов *Holothuria* и *Actinopurga*. В его агликоне имеется 12- α -окси-9 (11)-еновый фрагмент и присутствует гидроксильная группа при С-17. В углеводной цепи этого голотурин имеет сульфатную группу при ксилозном остатке. Перечисленные структурные особенности характерны и для основных компонентов гликозидных фракций животных, относящихся к указанным родам.

Недавно из *P. graeffei*, помимо голотурин А₂, был выделен голотурин А, известный ранее для *Holothuria leucospilota* и *Actinopurga agassizi* (Kitagawa, Nishino et al., 1981), отличающийся от голотурин А₂ наличием 22,25-эпокси-группы в боковой цепи агликона (Н. С. Иванова, лич. сообщ.). Эти данные показывают, что гликозидами *P. graeffei* являются голотуринны типа А и В — сульфатированные биозиды и тетраозиды, как правило, имеющие в агликоне 17- α -окси-группу.

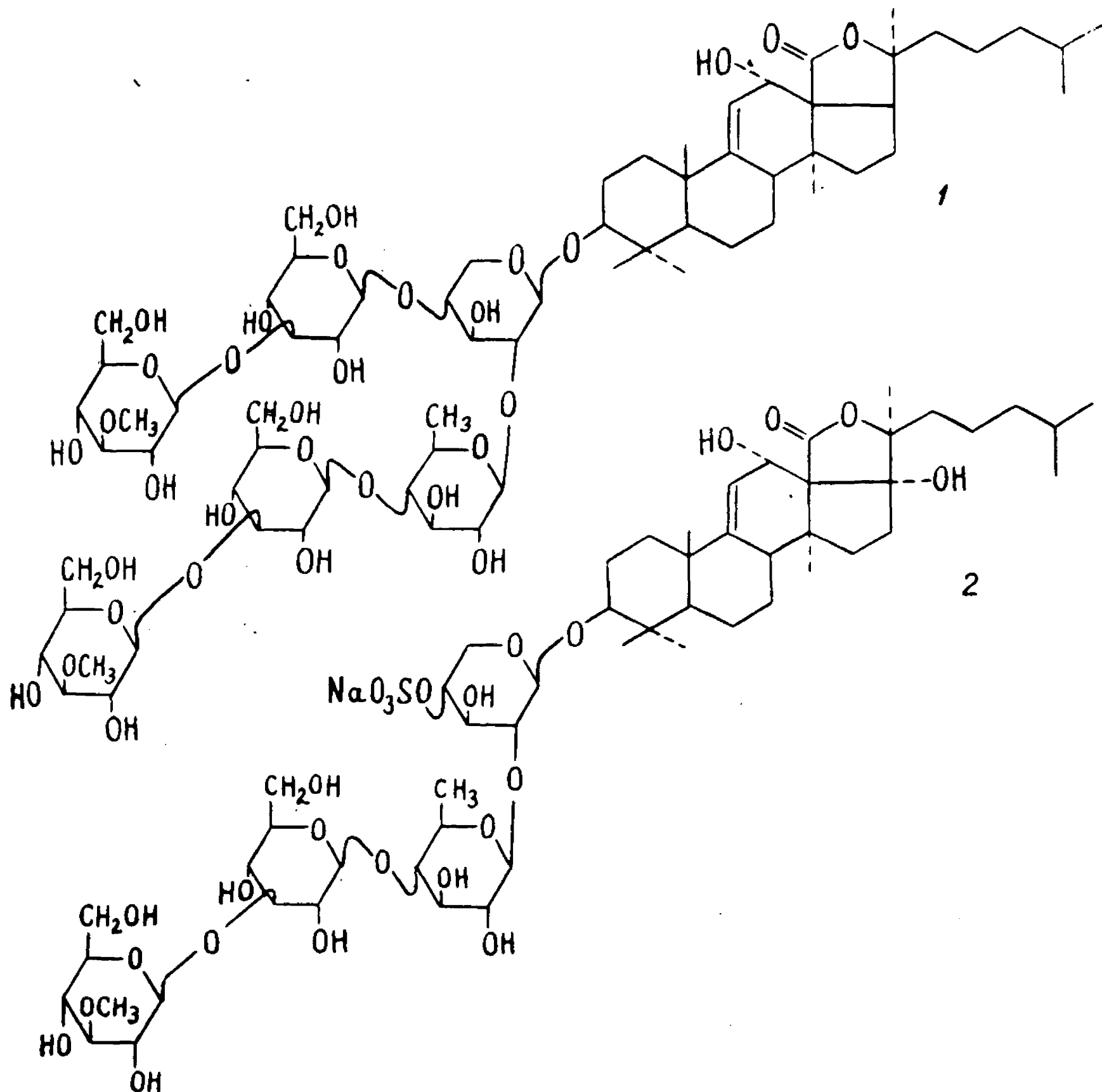


Рис. 2. Основные компоненты гликозидных фракций голотурий родов *Bohadschia* и *Pearsonothuria*.
 1 — бохадшиозид А (по: Kitagawa, Kobayashi et al., 1981a), 2 — голотурин А₂ (Калинин, Стоник, 1982б)

Бохадшиозид А, характерный для представителей рода *Bohadschia*, хотя и имеет некоторое структурное сходство с голотурином А₂ и другими голотуринами (наличие 12- α -окси-9 (11)-енового фрагмента в агликоне), тем не менее существенно отличается от них. У него менее окислен агликон (нет гидроксила при С-17), отсутствует сульфатная группа при ксилозном остатке, имеется шесть (а не четыре) моносахаридов, в построении углеводной цепи есть аналоги с гликозидами голотурий сем. *Stichopodidae* (Stonik et al., 1981; Kitagawa, Kobayashi et al., 1981b).

Таким образом, у гликозидов *Pearsonothuria graeffei*, с одной стороны, и у гликозидов *B. argus*, *B. marmorata* и *B. bivittata* — с другой, имеются значительные структурные различия.

Литература

- Заренков Н. А. 1976. Лекции по теории систематики. М.: МГУ, 140 с. Калинин В. И., Стоник В. А. 1982а. Гликозиды морских беспозвоночных. Структура голотурина А₂ из голотурии *Holothuria edulis*.—Химия природ. соедин., № 2, с. 215—219. Калинин В. И., Стоник В. А. 1982б. Гликозиды голотурии *Bohadschia graeffei* (Semper).—Химия природ. соедин., № 6, с. 789—790. Левин В. С. 1979а. Видовой состав и распределение щитовиднощупальцевых голотурий верхней сублиторали Индо-восточной Пацифики.—Биол. моря, № 5, с. 17—23. Левин В. С. 1979б. Некоторые особенности кювьеровых органов голотурий.—В кн.: Мат. IV Всес. коллоквиума по иглокожим. Тбилиси, с. 116—120. Левин В. С. 1980. Сравнительное изучение степени развития щупалец и спикул щитовиднощупальцевых голотурий верхней сублиторали Индо-восточной Пацифики.—Биол. моря, № 3, с. 50—55. Олейникова Г. К., Кузнецова Т. А., Ровных Н. В., Калинин В. И., Еляков Г. Б. 1982. Гликозиды морских беспозво-

ночных. 18. Голотурин A_2 из карибской голотурии *Holothuria floridana*.— Химия природ. соедин., № 4, с. 527—528.

Berquist P. R., Hartman W. D. 1969. Free amino acid patterns and the classification of the Demospongia.— *Mar. Biol.*, v. 3, p. 347—368. **Cherbonnier G.** 1954. Note préliminaire sur les holothuries de la mer Rouge.— *Bull. Mus. Hist. nat. Paris*, 2 sér., t. 26, p. 252—256. **Clark A. M., Rowe F. W. E.** 1971. Monograph of shallow — water Indo — West Pacific echinoderms. London: Brit. Mus. Nat. Hist., 238 p. **Elyakov G. B., Kalinin V. I., Antonov A. S., Sharipov V. R., Stonik V. A.** 1982. Glycosides of marine invertebrates. A comparative study of the glycoside fractions from holothurians of *Bohadschia* genera and some suggestions for nomenclature of glycosides.— *Comp. Biochem. Physiol.*, in press. **Elyakov G. B., Stonik V. A., Levina E. V., Slanke V. P., Kuznetsova T. A., Levin V. S.** 1973. Glycosides of marine invertebrates. 1. A comparative study of the glycoside fractions of Pacific sea cucumber.— *Comp. Biochem. Physiol.*, v. 44B, p. 325—336. **Howard B. M., Nonomura A. M., Fenical M.** 1980. Chemotaxonomy in marine algae: secondary metabolite synthesis by *Laurencia* in unialgal culture.— *Biochem. Syst. Ecol.*, v. 8, p. 329—336. **Kitagawa T., Inamoto T., Fushida S., Kobayashi M., Nishino T., Kyogoku Y.** 1980. Structures of echinosides A and B, two antifungal oligoglycosides from the sea cucumber *Actinopuga echinites* (Jaeger).— *Chem. Pharm. Bull.*, v. 28, N 5, p. 1651—1653. **Kitagawa I., Kobayashi M., Hori M., Kyogoku Y.** 1981a. Structures of four new triterpenoidal oligoglycosides, bivittoside A, B, C and D, from the sea cucumber *Bohadschia bivittata* Mitsukuri.— *Chem. Pharm. Bull.*, v. 29, N 1, p. 282—285. **Kitagawa I., Kobayashi M., Inamoto T., Yasuzawa T., Kyogoku Y.** 1981b. The structures of six antifungal oligoglycosides, stichlorosides A_1 , A_2 , B_1 , B_2 , C_1 and C_2 from the sea cucumber *Stichopus chloronotus* (Brandt).— *Chem. Pharm. Bull.*, v. 29, N 8, p. 2387—2391. **Koehler R.** 1895. Echinodermes de la Baie d'Amboine (Holothuries et Crinoïdes).— *Rev. suisse zool.*, t. 3, p. 275—293. **Koningsberger J. C.** 1904. Tripang en tripangsvisscherij in Nederlandsch — Indie.— *Meded. uit's Lands Plantentuin, Batavia*, Bd. 71 (n. v.). **Lampert K.** 1885. Die Seewalzen (Holothurioidea).— In: *Reisen im Archipel der Philippinen*. Wiesbaden, Teil 2, Bd. 4, Abt. 3, S. 1—312. **Ludwig H.** 1882. List of the holothurians in the collection of the Leyden Museum.— *Notes Leyden Mus.*, v. 4, N 10, p. 127—137. **Panning A.** 1929. Die Gattung *Holothuria* (1 Teil).— *Mitt. zool. Stat. Inst. Hamb.*, Bd. 44, S. 91—138. **Panning A.** 1944. Die Trepangfischerei.— *Mitt. zool. Stat. Inst. Hamb.*, Bd. 49, S. 1—76. **Pearson J.** 1913. Notes on the Holothurioidea of the Indian Ocean.— *Spolia zeylan.*, v. 9, pt. 34, p. 49—100. **Pearson J.** 1914. Proposed re-classification of the genera *Mülleria* and *Holothuria*.— *Spolia zeylan.*, v. 9, pt. 35, p. 163—172. **Rowe F. W. E.** 1969. A review of the family Holothuriidae (Holothurioidea: Aspidochirotida).— *Bull. Brit. Mus. (Natur. Hist.) Zool.* v. 18, N 4, p. 119—170. **Semper C.** 1868. Holothurien. *Reisen in Archipel der Philippinen*. 2. Wissenschaftliche Resultate. Weisbaden, 288 p. **Sluiter C. P.** 1901. Die Holothurien der Siboga Expedition.— *Siboga Exped.*, v. 44, p. 1—142. **Stonik V. A., Maltsev I. I., Kalinovskiy A. I., Elyakov G. B.** 1981. Structure and biosynthesis of glycosides from holothurians of Stichopodidae family.— In: 1st Internat. conf. of chemistry and biotechnology of biological active natural products. Varna, v. 3 (2), p. 326—329. **Théel H.** 1886. Report on the Holothurioidea, II — Repts. *Sci. Results Voyage Challenger*, Zool., v. 39, p. 1—290.