Научная статья УДК 595.135+571.642+25.00.00 DOI: 10.31857/S0869769825020069 EDN: GEWGMB

## Находка нового вида щетинкочелюстных *Flaccisagitta yamato* sp. nov. (Chaetognatha, Sagittoidea) и особенности циркуляции вод в районе возвышенности Ямато Японского моря

А.П. Касаткина<sup>⊠</sup>, В.Б. Лобанов, А.Ф. Сергеев

Алла Петровна Касаткина доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток, Россия apkas@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-8004-9511

Вячеслав Борисович Лобанов кандидат географических наук, заведующий лабораторией Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток, Россия lobanov@poi.dvo.ru https://orcid.org/0000-0001-9104-5578

Александр Федорович Сергеев старший научный сотрудник Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток, Россия sergeev@poi.dvo.ru https://orcid.org /0000-0003-4247-0791

Аннотация. В центре Японского моря над подводной возвышенностью Ямато были обнаружены щетинкочелюстные (Chaetognatha, Sagittoidea). Изучение анатомии экземпляров выявило наличие желеобразных структур (Saclike gelatinous structures, SG/S/), что показывает их принадлежность к подсемейству Flaccisagittinae. Признаками нового обнаруженного вида *Flaccisagitta* являются распределение плавников на теле, форма мерцательной петли, наличие своеобразно расположенных лучевых структур и семенных пузырьков относительно хвостового плавника. Новый для науки вид был назван по месту находки над возвышенностью Ямато – *Flaccisagitta yamato* sp. nov. Уникальность находки заключается в распределении нового вида – он обнаружен только в водах над возвышенностью Ямато. Приведены гидрологические данные по возможному объяснению распределения нового вида, его находки в центральной части Японского моря. Современные представления о течениях, синоптической динамике вод и переносе водных масс, полученные в результате экспедиционных исследований и наблюдений из космоса, позволяют предположить причины обнаружения данного вида над возвышенностью Ямато.

<sup>©</sup> Касаткина А.П., Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., 2025

- Ключевые слова: Японское море, новый вид, щетинкочелюстные, Chaetognatha, Sagittoidea, возвышенность Ямато, морские течения, синоптические вихри, биоиндикаторы
- Для цитирования: Касаткина А.П., Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф. Находка нового вида щетинкочелюстных *Flaccisagitta yamato* sp. nov. (Chaetognatha, Sagittoidea) и особенности циркуляции вод в районе возвышенности Ямато Японского моря // Вестн. ДВО РАН. 2025. № 2. С. 76–89. http://dx.doi.org/10.31857/S0869769825020069
- *Благодарности.* Авторы выражают благодарность Региональному центру космического мониторинга ИАПУ ДВО РАН за предоставленную спутниковую информацию и С.Ю. Ладыченко за подготовку спутниковых изображений.
- Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, регистрационные номера 124022100077-0 и 124022100079-4 (2024–2026 гг.).

Original article

# Discovery of a new species *Flaccisagitta yamato* sp. nov. (Chaetognatha, Sagittoidea) and features of water circulation in the Yamato Rise region of the Sea of Japan

A.P. Kasatkina, V.B. Lobanov, A.F. Sergeev

Alla P. Kasatkina

Doctor of Sciences in Biology, Leading Researcher V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia apkas@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-8004-9511

Vyacheslav B. Lobanov Candidate of Sciences in Geography, Head of Laboratory V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia lobanov@poi.dvo.ru https://orcid.org/0000-0001-9104-5578

Aleksandr F. Sergeev Senior Researcher V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia sergeev@poi.dvo.ru https://orcid.org /0000-0003-4247-0791

*Abstract.* In the central Japan Sea, above the underwater Yamato Rise, chaetognaths (Chaetognatha, Sagittoidea) were discovered. Study of the anatomy of the specimens revealed the presence of saclike gelatinous structures (SG/S/), which indicates their belonging to the subfamily Flaccisagittinae. The features of the newly discovered species of *Flaccisagitta* are the distribution of fins on the body, the shape of the ciliated loop, the presence of peculiarly located ray structures and seminal vesicles relative to the caudal fin. The new species for science was named after the place of discovery above the Yamato Rise *Flaccisagitta yamato* sp. nov. The uniqueness of the discovery lies in the distribution of the new species – it was found only in the waters above the Yamato Rise. Hydrological data are presented on a possible explanation of the distribution of the new species, its discovery in the central part of the Sea of Japan. Modern data on the movement of water

masses obtained as a result of expeditionary research and observations from space are presented, which allow us to assume the reasons for the existence of this species above the Yamato Rise.

- *Keywords:* Sea of Japan, new species, Yamato Rise, sea currents, hydrography, Chaetognatha, Sagittoidea, bioindicators
- For citation: Kasatkina A.P., Lobanov V.B., Sergeev A.F. Discovery of a new species Flaccisagitta yamato sp. nov. (Chaetognatha, Sagittoidea) and features of water circulation in the Yamato Rise region of the Sea of Japan. Vestnik of the FEB RAS. 2025(2): 76–89. http://dx.doi.org/10.31857/S0869769825020069
- Acknowledgments. The authors express their gratitude to the Regional Satellite Monitoring Center of the IAPC FEB RAS for providing satellite information and S.Y. Ladychenko for preparing satellite images.
- *Funding.* The work was carried out under the state task of the V.I. II'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, registration numbers 124022100077-0 and 124022100079-4.

### Введение

Фауна щетинкочелюстных (Щ) Японского моря и сопредельных вод изучена довольно подробно. Известны многолетние сезонные работы японских специалистов по исследованию фауны хетогнат поверхностных [1] и глубинных [2] вод Японского моря. Анализ хетогнат в водах Корейского полуострова представлен корейскими специалистами [3]. В подробной библиографии японских планктонологов-хетогнатчиков, приведенной в работе [4], по результатам многолетних исследований перечислены следующие виды Щ: Aidanosagitta neglecta, A. Regularis, A. Crassa, A. Delicate, Mesosagitta minima, Serratosagitta pseudoserratodentata, S. Pacifica, Flaccisagitta hexaptera, F. Inflate, Sagitta bipunctata, S. Bedoti, S. Pulchra, S. Nagae, Parasagitta elegans, Krohnitta pacific, K. Subtilis, Pterosagitta draco, Ferosagitta ferox, F. robusta.

Одной из особенностей распределения Щ в Японском море является различие их видового состава в разных частях моря. Например, все вышеперечисленные виды Щ, часто встречаемые в юго-западной части моря в области Цусимского течения, не обнаружены в заливе Петра Великого и в открытых водах северо-западной части. Здесь обычно встречаются: Aberrospadella verruculosa, Ferosagitta paulula, F. cristallina, F. curta, F. longa, Sagitta modesta, Sagitta sceptrum, S. nutana, Omittosagitta galzowi, O. starkiana, O. alvarinoe, O. diaphana, Oligoradiata entis, Oligoradiata pellucida, Aidanosagitta formula, Aidanosagitta macilenta, Aidanosagitta scarlatoi, Parasagitta brevicauda, Accedosagitta minuta, Abosagitta taeniata, A. grata, A. rasilis, A. macra [4]. При этом эти виды, в свою очередь, отсутствуют в центральной и восточной частях Японского моря [1, 2, 4].

Общеизвестно, что планктонные организмы не способны к самостоятельным большим перемещениям в пространстве, и поэтому их распределение существенно зависит от схемы течений и особенностей циркуляции и перемешивания водных масс. В центральной части моря располагается подводная возвышенность Ямато (рис. 1), которая состоит их двух возвышенностей, разделенных узкой глубоководной расселиной. Ее северная часть, Кита-Ямато (Северная Ямато, называемая также Сюнпу), имеет минимальную глубину над вершиной 383 м [6], что, безусловно, влияет на динамику вод в этом районе. Здесь проходит субарктический фронт, разделяющий северную холодную часть моря и более теплую южную [7, 8]. Над возвышенностью регулярно формируются вихри синоптического масштаба [9, 10], которые влияют на характер течений и схему переноса вод. Таким образом, здесь могут складываться особые океанографические условия, которые, в свою очередь, определяют особенности в распределении видов планктона.

Целью данной работы является анализ нового вида щетинкочелюстных, обнаруженного в районе возвышенности Ямато по результатам экспедиции ТОИ ДВО РАН, изучение анатомии экземпляров, а также исследование особенностей гидрологии района находки. Таксономическое изучение новых видов хетогнат, их сравнение с видами, обитающими в Мировом океане, не только расширяет наши знания о биоразнообразии водной толщи, но также представляет определенный интерес в изучении глобальных изменений, нашедших отражение в Японском море.



Рис. 1. Схема поверхностных течений Японского моря (по [5]). ЦТ – Цусимское течение; ПЦТ – прибрежная ветвь Цусимского течения; МЦТ – морская ветвь Цусимского течения; ВКТ – Восточно-Корейское течение; СФТ – Субполярное фронтальное течение; ПТ – Приморское течение; СКТ – Северо-Корейское течение; ОЦК – основной циклонический круговорот северной части Японского моря. Показана изобата 2000 м. Звездочкой на северном крае возвышенности Ямато обозначена станция 12, где был отобран голотип

### Материал и методика

Материалом для исследования послужили пробы планктона, собранные в апреле 2014 г. в рейсе № 66 НИС «Академик М.А. Лаврентьев». Планктон отбирался сетью «Джеди» вертикальным тралением с горизонта 100–0 м. Пробы были зафиксированы 4%-м формалином. Обработка производилась пинцетом с загнутыми концами (на поддёв), чтобы не повредить мягкие ткани. В лаборатории материал был исследован под бинокуляром MBC-10, а фотографирование сделано под стереомикроскопом, оснащенным камерой Axio Cam ICc 3 модели Stemi 2000-С. Окрашивание производилось по методике, разработанной ранее [11].

В экспедиции проводилось гидрологическое зондирование с помощью СТД-зонда SBE-911 plus с дополнительными датчиками содержания растворенного кислорода, флуоресценции хлорофилла-а и мутности.

Для дальнейшего анализа использовались данные о распределении температуры воды Японского моря, предоставленные Японским метеорологическим агентством (JMA, https:// www.data.jma.go.jp), а также спутниковые изображения, полученные в Региональном центре космического мониторинга ИАПУ ДВО РАН (http://www.satellite.dvo.ru). Графики вертикального распределения температуры воды и содержания хлорофилла-а по результатам судовых СТД-зондирований построены с помощью специального программного комплекса Ocean Data View [12].

### Результаты

В результате обследования проб планктона было отобрано 33 экземпляра щетинкочелюстных. Исследование их анатомии показало, что отловленные щетинкочелюстные относятся к одному виду, новому для науки. Голотип выделен из пробы, взятой 22.04.2014 г. около 22:00 на станции 12 с координатами 39°59,93' с. ш., 134°03,29' в. д. (отмечена звездочкой на рис. 1). Половозрелых экземпляров – 4, неполовозрелых (на второй стадии половой зрелости) – 29. Ниже приводим описание голотипа.

### Систематика

Новый для науки вид принадлежит к семейству Sagittidae, подсемейству Flaccisagittinae

Подсемейство Flaccisagittinae [13].

Диагноз. По бокам тела имеются мешковидные желеобразные структуры (МЖС), как в основании плавников, так и не имеющие плавниковой пластинки по своим краям. Две пары боковых плавников или МЖС. Железистые структуры на теле и хвосте очень редки. Внутреннее кольцо мерцательной петли не имеет железистой функции и ресничных клеток. Две пары рядов зубчиков на голове вокруг рта. В подсемействе 4 рода: *Flaccisagitta* [14]; *Pseudosagitta* [15]; *Accedosagitta* [16]; *Abosagitta* [17].

Типовой род – Flaccisagitta [14].

Ключ для определения родов подсемейства Flaccisagittinae

1 (6) Боковые плавники имеются	
2 (5) Две пары боковых плавников	(3)
3 (4) Боковые плавники не имеют МЖС между собой	Flaccisagitta (4)
4 (3) Боковые плавники имеют МЖС между собой	Pseudosagitta (3)
5 (2) Имеется только 1-я пара боковых плавников, 2-я пара представляет	г собой уплощенные
МЖС, лишенные плавниковой пластинки	Accedosagitta (2)
6 (1) Боковые плавники отсутствуют, вместо них – боковые МЖС	Abosagitta (1)

Новый для науки вид принадлежит к роду: *Flaccisagitta*. *Flaccisagitta* Tokioka 1965 Типовой вид – *Flaccisagitta hexaptera* [18].

Синонимия: Sagitta hexaptera [18: 55, Taf. 10, Fig. 4, 5]; [19: 7, Fig. 1; 20: 12, 13, Fig. 6, 7]; Flaccisagitta hexaptera [14: 350]; [16, рис. А–Г]; [21: 121, 122, 21, 91А–Г].

Диагноз. Мешковидные желеобразные структуры между плавниками 2-й и 1-й пар отсутствуют. На теле две пары боковых плавников, имеющих в основании МЖС. Мерцательная петля располагается на уровне или впереди уровня глаз. Часть мерцательной петли, располагающаяся на туловище, всегда короче ее головной части. Лучи в плавниках обязательно имеются, но присутствуют и безлучевые зоны; у некоторых видов в безлучевых зонах могут быть продольные структуры. Плавники 2-й пары располагаются более на туловищном, чем на хвостовом отделе. Кишечные выросты на средней кишке отсутствуют. Пигмент в глазах имеется. Тело всех видов прозрачно, у большинства видов оно вялое, обвисает на пинцете, за что род и получил название «вялый», «слабый». Продольная мускулатура развита слабо, боковые поля широкие. 1-я пара рядов зубчиков у некоторых видов может полностью редуцироваться у взрослых экземпляров.

В мировой фауне известно 6 видов: *F. hexaptera* [18], *F. inflate* [22], *F. pulchella* [21], *F. lucida* [23], *F. adenensis* [23], *F. yamato* sp. nov.

Ключ для определения видов Flaccisagitta

1 (2) Плавники 1-й пары длиннее плавников 2-й пары	<i>F. lucida</i> (2)
2 (1) Плавники 1-й пары короче плавников 2-й пары	(3)
3 (8) Плавники 1-й пары длиннее части плавников 2-й пары, расположенных на	а туловищном
отделе	

4 (5) Семенные пузырьки удалены от хвостового плавника на расстояние, равное длине
самого пузырька
5 (4) Семенные пузырьки приближены к хвостовому плавнику на расстояние короче пу-
зырька(6)
6 (7) Семенные пузырьки округлые, приближены к хвостовому плавнику на расстояние,
которое меньше длины самого пузырька в 5-7 раз. Лучи располагаются только по краям
плавников F. inflata
7 (6) Семенные пузырьки плоские, удлиненно-овальные, касаются хвостового плавника.
Лучи не располагаются по краям плавников, но только на телеF. yamato sp. nov (8)
8 (3) Плавники 1-й пары короче или равны части плавников 2-й пары, расположенных на
туловищном отделе
9 (10) Плавники 1-й пары короче части плавников 2-й пары, расположенных на туловищном
отделе
10 (9) Плавники 1-й пары равны части плавников 2-й пары, расположенных на туловищном
отделе

Flaccisagitta yamato sp. nov. (рис. 2-6)

Материал находится в хранилище планктонных проблаборатории исследования загрязнений океана и экологии ТОИ ДВО РАН, к. 120. Полка № 8 (голотип FSH N 1. 66. 2014) + четыре половозрелых паратипа из одной и той же пробы планктона.

Голотип выделен из пробы, взятой 22.04.2014 г. в 22:00 на станции 12 с координатами 39°59,93' с. ш. и 134°03,29' в. д.

Диагноз. Тело немускулистое, вялое, прозрачное. Боковые поля широкие, желеобразные структуры присутствуют как на туловищном, так и на хвостовом отделах. Мерцательная петля короткая, начинается впереди глаз, от мозга, располагается только на голове. Парные кишечные выросты на средней кишке отсутствуют. Короткие лучи имеются только на теле, по внутренним краям боковых и хвостового плавников; наружные края – безлучевые. Экземпляр на 3-й стадии половой зрелости.

Описание голотипа. Длина тела 16,25 мм. Длина хвостового отдела составляет 16,6 %, а длина брюшного ганглия – около 7% от длины тела. Передний конец плавников 1-й пары удален от заднего конца брюшного ганглия на расстояние, которое слегка короче длины ганглия. Плавники 1-й пары составляют около 17,5% от длины тела, немного короче плавников 2-й пары (примерно в 1,3 раза), но длиннее части плавников 2-й пары, лежащей на туловищном отделе (примерно в 1.1 раза). Промежуток между плавниками 1-й и 2-й пар длиннее (в 1,2 раза), чем промежуток между брюшным ганглием и плавниками 1-й пары. Плавники 2-й пары составляют 23% от длины тела. Часть плавников 2-й пары, лежащей



Рис. 2. А – общий вид зкземпляра *F. yamato* sp. nov: голотип, схема (*cc* – мерцательная петля, *f* – передний плавник, *g* – брюшной ганглий, *ov* – яичники, *p* – задний плавник, *ss* – семенной пузырек). Шкала: 1 мм. В – участок тела с передним плавником, увеличен в 1.5 раза: голотип, *F. yamato* sp. nov: схема (*r* – лучи). С – схема глаза. Шкала: 0.1 мм



Рис. 3. Голова с вентральной стороны: голотип, *F. yamato* sp. nov: голотип, фото (*a* – передние зубчики, *b* – задние зубчики, *h* –щетинки, *in* – кишечник). Шкала: 0.5 мм



Рис. 4. Глаз F. yamato sp. nov: голотип, фото

на туловищном отделе, значительно длиннее части плавников 2-й пары, лежащей на хвостовом отделе (примерно в 1,9 раза). Короткие лучи имеются только по внутренним краям боковых и хвостового плавников; наружные края безлучевые. 2 пары рядов зубчиков; в каждом ряду по 7 передних и по 6 задних зубчиков, щетинок по 9. Альвеолярная ткань отсутствует. Семенники занимают всю полость хвостового отдела. Семенные пузырьки довольно крупные, удлиненно-овальные, соприкасаются с хвостовым плавником и удалены от боковых плавников. Яичники достигают переднего конца задних плавников, часть яиц мелкие, незрелые. Глаза содержат темный пигмент Т-образной формы.

Дифференциальный диагноз. От близкого вида *F. hexaptera* отличается рядом признаков. Наиболее заметное отличие состоит в распределении боковых плавников – плавники первой пары у *F. hexaptera* удалены от брюшного ганглия значительно дальше, чем таковые у *F. yamato* sp. nov (на расстояние в 5–6 раз длиннее ганглия). Еще одно заметное отличие – плавники второй пары у *F. hexaptera* относительно короче, чем таковые у *F. yamato* sp. nov. Другие отличия: мерцательная петля *F. yamato* sp. nov. располагается только на голове, а у *F. hexaptera* – значительная ее часть на туловище. Семенные пузырьки *F. hexaptera* 



Рис. 5. Общий вид экземпляра F. yamato sp. nov: голотип, фото. Шкала: 1 мм



Рис. 6. Участок тела с задними плавниками *F. yamato* sp. nov: голотип, фото (*R* – лучи, *SG* – желеобразные структуры). Шкала: 1 мм

довольно мелкие, не соприкасаются с хвостовым плавником и удалены от боковых плавников, а у *F. yamato* sp. nov. более длинные семенные пузырьки соприкасаются с хвостовым плавником. Этой особенностью расположения семенных пузырьков *F. yamato* sp. nov. отличается также от видов *F. lucida* и *F. adenensis*, а от *F. lucida* еще длиной плавников 1-й пары относительно плавников 2-й пары.

От широко распространенного вида *F. inflata* отличается следующими признаками. Наиболее заметный – семенники *F yamato* sp. nov. распространяются по всей полости хвостового отдела, тогда как у *F. inflata* они компактно занимают только задний конец отдела. Форма семенных пузырьков различна (у *F. inflate* они выпуклые, округлые, не соприкасаются с хвостовым плавником, а у *F. yamato* sp. nov. – плоские, удлиненно-овальные, соприкасаются с ним).

Лучи *F. yamato* sp. nov. занимают внутреннюю зону плавника, соприкасаясь с туловищем, а лучи видов: *F. hexaptera* и *F. inflata* занимают краевую зону, чем отличаются от нового вида.

От вида *F. adenensis* отличается расположением семенных пузырьков: они удалены от хвостового плавника на расстояние, равное длине самого пузырька, а у *F. yamato* sp. nov. тесно соприкасаются с хвостовым плавником.

Распространение. Центральная часть Японского моря. Глубина от возвышенности Ямато до поверхности моря: 560–0 м (39°59,93′ с. ш. и 134°03,29′ в. д.).

Этимология: yamato. В честь возвышенности Ямато.

## Обсуждение

Исследование фауны щетинкочелюстных Японского моря и сопредельных вод Охотского моря показало, что *F. yamato* sp. nov. имеет ограниченное распространение: исключительно в водах центральной части Японского моря над возвышенностью Ямато. Этот вид не был обнаружен в прибрежных водах залива Петра Великого, одного из самых исследованных в отношении планктона районов Японского моря [4]. В водах Корейского полуострова *F. yamato* sp. nov. также не был обнаружен многочисленными и многолетними исследованиями [5]. по результатам работ японских авторов *F. yamato* sp. nov. не был отмечен и в водах, прилегающих к Японии [1, 2].

Загадочная находка нового для науки вида может иметь объяснение только с точки зрения гидрологии района. Общеизвестно, что планктонные организмы не способны к самостоятельным большим перемещениям в пространстве и поэтому являются прекрасным биоиндикатором водных масс и течений. Следовательно, обнаружение нового вида в районе подводной возвышенности Ямато может быть связано с особенностями циркуляции вод в центральной части Японского моря.

Схема поверхностной циркуляции Японского моря довольно хорошо изучена [5, 7, 8, 24, 25]. Она определяется потоком вод Цусимского течения, поступающих в море с юга (рис. 1) и разделяющихся на три основные ветви: прибрежную и морскую ветви Цусимского течения, следующие на восток и северо-восток вдоль Японии, и Восточно-Корейское течение, направленное на север вдоль Корейского полуострова и отворачивающее на восток в районе 37–38° с. ш., огибая подводную возвышенность Ямато и соединяясь с Цусимским течением на противоположном краю моря. Эту часть также называют Субполярным фронтальным течением, так как оно проходит вдоль субполярного (субарктического) фронта, разделяющего южную теплую субтропическую часть Японского моря, сформированную поступлением вод Цусимского течения, и северную холодную субарктическую часть моря, находящуюся под влиянием интенсивного зимнего конвективного перемешивания [7, 8]. В северной части моря существует крупномасштабный циклонический круговорот, северо-западной периферией которого являются холодные Приморское и Северо-Корейское течения (рис. 1).

Субполярный фронт располагется над северной частью возвышенности Ямато. С запада на восток здесь переносятся воды продолжения Восточно-Корейского течения или Субполярного фронтального течения. Благодаря формированию вихрей синоптического масштаба часто захватываемых топографическими особенностями возвышенности Ямато и стационирующихся над ней [9, 10, 25, 26] сюда попадают воды морской ветви Цусимского течения с юга и юго-востока [27, 28], а также субарктические воды с севера. Таким образом, над возвышенностью Ямато могут формироваться особые океанографические условия, которые и могут стать причиной обнаружения здесь нового вида щетинкочелюстных.

Рассмотрим гидрологическую обстановку в период проведения экспедиционного рейса НИС «Академик М.А. Лаврентьев» № 66, в котором были отобраны пробы нового вида. На рис. 7, *а* представлено распределение температуры воды в Японском море на горизонте 50 м в период 21–30 апреля 2014 г., когда проводились экспедиционные работы. Звездочкой обозначена станция 12, где был обнаружен новый вид. Станция находится непосредственно в зоне субполярного фронта, проходящего примерно вдоль 40° с. ш.



Рис. 7. Распределение температуры воды на горизонте 50 м за период 21–30.04.2014 г. (JMA, 2024) (*a*).  $\delta$  – инфракрасное изображение с ИСЗ NOAA-16 (n60067) за 25.04.2014 г. Точками показано положение и номера океанографических станций 6–17, выполненных НИС «Академик М.А. Лаврентьев» 21–24.04.2014 г. А–G – теплые антициклонические вихри. Серый тон соответствует суше и облачности. Остальные обозначения см. на рис. 1

и разделяющего холодные воды северной части моря (<5 °C) и более теплые воды южной части (>10 °C). Станция расположена на краю теплого антициклонического вихря D размером 50–70 км, находящегося над северной возвышенностью Ямато. На юго-восток от него можно заметить цепочку из трех более крупных антициклонических теплых вихрей A–C, протянувшихся от южной части Корейского полуострова к возвышенности Ямато. по распределению температуры видно, что наиболее теплые воды (>12 °C) переносятся Восточно-Корейским течением и отворачивают от Корейского полуострова на восток около 37° с. ш., вовлекаясь в вихрь A и далее в вихрь B.

Инфракрасное спутниковое изображение для этого же периода времени (25.04.2014 г.) дает более детальную картину распределения температуры воды на поверхности и структуры поля течений (рис. 7, б). Распространяясь по периферии вихрей А, В и С, воды Восточно-Корейского течения (ВКТ) достигают района Ямато. Далее воды фронтальной зоны вовлекаются в вихрь D и расположенный северо-восточнее вихрь Е. На рис. 7 нанесено положение станций океанографической съемки НИС «Академик М.А. Лаврентьев» 21–24 апреля 2014 г. Видно, что станция 12, на которой был обнаружен голотип, находится в области струи теплых вод на периферии вихря D, распространяющихся в вихрь Е.

Рассматриваемое изображение (рис. 7,  $\delta$ ) подтверждает изобилие вихрей синоптического масштаба в Японском море, отмечавшееся во многих исследованиях [9, 10, 25, 28, 29]. Кроме указанной выше цепочки вихрей (A–E) на снимке заметно большое количество антициклонов размером 50–100 км. Примером может служить вихрь F, расположенный к северу от фронта и выносящий по своей периферии струю теплой воды на север в субарктическую зону. Такого же размера антициклонические вихри прослеживаются к северу от вихрей A, B и C, а также к северу от вихря E над областью Центральной котловины моря.

Через цепочки вихрей происходит быстрый перенос вод на значительные расстояния. В зависимости от расположения интенсивных вихрей в конкретный момент времени может меняться картина течений. Это отмечалось, например, в работе [27] при анализе поступления вод из южной части моря далеко на север, в район Дальневосточного морского заповедника в заливе Петра Великого.

В нашем случае видно, что, например, антициклон G, расположенный в южной части моря, отклоняет часть вод прибрежной ветви Цусимского течения (ПЦТ) на север и далее



Рис. 8. Распределение температуры воды (*a*) и содержания хлорофилла-а (*б*) на разрезе, выполненном НИС «Академик М.А. Лаврентьев» 21–24.04.2014 г. На верхней оси указано положение и номера океанографических станций

эти воды поступают в вихри С и D. Таким образом, через цепочку вихрей субтропическая вода поступает в район возвышенности Ямато с юга.

Кроме того, вихри переносят в своих ядрах захваченную при формировании водную массу [26, 29, 30]. Антициклоны субарктической области формируются в западной части района, у побережья КНДР [10, 29] и перемещаются на восток, перенося с собой захваченную воду северо-западной части моря. Таким образом, стационирование вихрей над возвышенностью Ямато и струйный перенос водных масс с запада, юга и севера формируют здесь особенные гидролого-гидрохимические условия.

На рис. 8 приведено вертикальное распределение температуры воды и содержания хлорофилла-а по данным судовой СТД-съемки на разрезе вдоль меридиана 134 в.д. между станциями 17–12 и далее через область теплых вод между станциями 7–11 (рис. 7, б). Струя теплых вод шириной около 100 км распространяется по границе субполярного фронта между станциями 6 и 10 и прослеживается до глубин более 100 м. Она располагается над вершиной возвышенности Кита-Ямато. В распределении хлорофилла-а отчетливо виден максимум на горизонтах 20–35 м именно в этой области, превышающий 2,5–3,0 мг/л. Это указывает на повышенное содержание фитопланктона, что может обусловливать и повышенную концентрацию щетинкочелюстных.

Таким образом, за счет вихревой динамики вод над возвышенностью Ямато формируются особые океанографические условия, которые и могут быть причиной обнаружения здесь нового вида щетинкочелюстных.

#### Заключение

В результате экспедиционных исследований ТОИ ДВО РАН в центре Японского моря над подводной возвышенностью Ямато был обнаружены щетинкочелюстные (Chaetognatha, Sagittoidea). Изучение анатомии экземпляров привело к заключению, что это новый для фауны щетинкочелюстных вид. Наличие желеобразных структур (Saclike gelatinous structures, SG) показывает их принадлежность к подсемейству Flaccisagittinae. Признаками нового вида являются распределение плавников на SG/S/, форма мерцательной петли, расположение лучевых структур на теле и семенных пузырьков относительно хвостового плавника.

Проведенный анализ спутниковых изображений и результатов судовых СТД-измерений показывает, что в районе банки Ямато формируется особая циркуляция вод, обусловленная частым присутствием здесь вихрей синоптического масштаба. Взаимодействие между вихрями и струйный перенос вод по цепочке вихрей может формировать особые гидрологические условия в районе возвышенности Ямато, что может служить причиной находки нового вида щетинкочелюстных именно в этом районе. Биоиндикация на основе изучения видового состава требует тщательного морфологического анализа и знания фауны Мирового океана. Таксономическое изучение находок новых видов, их сравнение с видами, обитающими в Мировом океане, не только расширяет наши знания о биоразнообразии водной толщи, но также представляет определенный интерес в изучении глобальных изменений в океане. Японское море с сопредельными водами достаточно хорошо изучено относительно фауны щетинкочелюстных. Тем не менее находка нового вида может служить индикатором и своеобразной подсказкой к пониманию происходящих изменений.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Nagai N., Tadokoro K., Kuroda K., Sugimoto T. Chaetognath species-specific responses to climate regime shifts in the Tsushima Warm Current of the Japan Sea // Plankton Benthos Res. 2008. Vol. 3. P. 86–95.

2. Kitou M. Chaetognaths collected on the fifth cruise of the Japanese Expedition of deep seas // La Mer. 1966. Vol. 4. P. 169–177.

3. Choo S., Jeong M.-K., Soh H.Y. Taxonomic reassessment of chaetognaths (Chaetognatha, Sagittoidea, Aphragmophora) from Korean waters // ZooKeys. 2022. Vol. 1106. P. 165–211. https://doi.org/10.3897/zookeys.1106.80184.

4. Касаткина А.П., Столярова М.В. Морфология, систематика, экология щетинкочелюстных Японского моря и сопредельных акваторий. Владивосток: Дальнаука, 2010. 200 с.

5. Park K.-A., Park J.-E., Choi B.-J., Byun D.-S., Lee E.-I. An ceanic current map of the East Sea for science textbooks based on scientific knowledge acquired from oceanic measurements // J. Korean Soc. Oceanogr. 2013. Vol. 18, No. 4. P. 234–265.

6. Зенкевич Н.Л., Медведев В.С., Скорнякова Н.С. Основные черты геологии и гидрологии Японского моря / отв. ред. В.Н. Степанов. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 224 с.

7. Preller R.H., Hogan P.J. Oceanography of the Sea of Okhotsk and the Japan/East Seas // The Sea/ Ed. by A.R. Robinson and K.H. Brink. John Wiley and Sons Inc., 1998. Vol. 11. P. 429–481.

8. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 8. Японское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия / ред. А.С. Васильев, А.Н. Косарев, Ф.С. Терзиев. СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. 394 с.

9. Morimoto A., Yanagi T., Kaneko A. Eddy field in the Japan Sea derived from satellite altimetric data // J. Oceanogr. 2000. Vol. 56. P. 449–462.

10. Жабин И.А., Дмитриева Е.В., Таранова С.Н., Лобанов В.Б. Циркуляция вод и мезомасштабные вихри в Японском море по данным спутниковой альтиметрии // Исследование Земли из Космоса. 2023. № 6. С. 52–72.

11. Kassatkina A.P. New species of the genus *Sagitta* s. str. (Chaetognatha) from the Sea of Japan with the original methods of the coloring and dissection technique // Zoosystematica Rossica. 2008. Vol. 17, No. 1. P. 3–6.

12. Schlitzer, 2019. Ocean data view. URL: http://odv.awi.de (date of application: January 20, 2025).

13. Касаткина А.П. Новые виды *Aidano sagitta* из северо-западной части Японского моря // Биол. моря. 2007. Т. 33, № 4. С. 272–277.

14. Tokioka T. The taxonomical outline of Chaetognatha // Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 1965. Vol. 12, No. 5. P. 335–357.

15. Germain L., Joubin L. Chaetognathes // Prince Albert Result. Camp. Sci. 1916. Vol. 49. P. 1–118.

16. Касаткина А.П. Новые неритические щетинкочелюстные из залива Посьета Японского моря // Исследование фауны морей. 1971. Т. 8. С. 265–294.

17. Касаткина А.П. Находка новых видов бесплавниковых Sagittidae (Chaetognatha) в северо-западной части Японского моря // Биол. моря. 2006. Т. 32, № 6. С. 419–420.

18. Orbigny A.D., d'. Mollusken // In Voyage dans l'Amerique meridionale. 1834–1835. 1843. Bd. 5, Teil 3. S. 1–140.

19. Ritter-Záhony R. Revision der Chaetognathen // Deutsche Südpolar Expedition. 1911. Bd. 13, Zool. 5. S. 1–71.

20. Ritter-Záhony R. Chaetognatha // Ergebnisse der Plankton Expedition der Humboldt Stiftung. 1911. Bd. 2, No. 25. S. 1–33.

21. Касаткина А.П. Щетинкочелюстные морей СССР и сопредельных вод. Л.: Наука, 1982. 136 с.

22. Grassi B. Chetognati // Fauna, Flora Neapoli. 1883. Vol. 5. P. 1-145.

23. Casanova J.-P. *Sagitta lucida* et *Sagitta adenensis*. Chaetognathes mesoplanctoniques nouveaux du nord-ouest de l'ocean Indien // Rev. Inst. Peches marit. 1983–1985. Vol. 47 (1 et 2). P. 25–35.

24. Яричин В.Г. Состояние изученности циркуляции вод Японского моря // Труды ДВНИГМИ. 1980. Т. 80. С. 46–61.

25. Danchenkov M.A., Lobanov V.B., Riser S.C., Kim K., Takematsu M., Yoon J.-H. A history of physical oceanographic research in the Japan/East Sea // Oceanography. 2006. Vol. 19, No. 3. P. 18–31.

26. Isoda Y., Naganobu M., Watanabe H., Nukata K. Horizontal and vertical structures of a warm eddy above the Yamato Rise // Umi no Kenkyu. 1992. Vol. 1. P. 141–151 (In Japanese with English abstract).

27. Никитин А.А., Лобанов В.Б., Данченков М.А. Возможные пути переноса теплых субтропических вод в район Дальневосточного морского заповедника // Изв. ТИНРО. 2002. Т. 131. С. 41–53.

28. Никитин А.А., Данченков М.А., Лобанов В.Б., Юрасов Г.И. Новая схема поверхностной циркуляции Японского моря с учетом синоптических вихрей // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 157. С. 158–167.

 Лобанов В.Б., Пономарев В.И., Салюк А.Н., Тищенко П.Я., Тэлли Л.Д. Структура и динамика синоптических вихрей северной части Японского моря // Дальневосточные моря России. Океанологические исследования. М.: Наука, 2007. С. 450–473.

30. Gordon A.L., Giulivi C.F., Lee C. M., Bower A, Furey H.H., Talley L.D. Japan/East Sea intra-thermocline eddies // J. Phys. Oceanogr. 2002. Vol. 32, No. 6. P. 1960–1974.

#### REFERENCES

1. Nagai N., Tadokoro K., Kuroda K., Sugimoto T. Chaetognath species-specific responses to climate regime shifts in the Tsushima Warm Current of the Japan Sea. *Plankton Benthos Res.* 2008;3:86–95.

2. Kitou M. Chaetognaths collected on the fifth cruise of the Japanese Expedition of deep seas. *La Mer.* 1966;4:169–177.

3. Choo S., Jeong M.-K., Soh H.Y. Taxonomic reassessment of chaetognaths (Chaetognatha, Sagittoidea, Aphragmophora) from Korean waters. ZooKeys. 2022;1106:165–211. https://doi.org/10.3897/zookeys.1106.80184.

4. Kasatkina A.P., Stolyarova M.V. Morfologiya, sistematika, ekologiya shchetinkochelyustnikh Japonskogo morya i sopredelnikh akvatoriy = [Morphology, systematic, ecology of bristle-jaws of the Japan Sea and adjacent regions]. Vladivostok: Dal'nauka; 2010. 200 p. (In Russ.).

5. Park K.-A., Park J.-E., Choi B.-J., Byun D.-S., Lee E.-I. An Oceanic Current Map of the East Sea for Science Textbooks Based on Scientific Knowledge Acquired from Oceanic Measurements. *J. Korean Soc. Oceanogr.* 2013;18(4):234–265.

6. Zenkevich N.L., Medvedev V.S., Skornyakova N.S. Main features of the geology and hydrology of the Sea of Japan. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences; 1961. 224 p. (In Russ.).

7. Preller R.H., Hogan P.J. Oceanography of the Sea of Okhotsk and the Japan/East Seas. In: The Sea. John Wiley and Sons Inc.; 1998. Vol. 11. P. 429–481.

Vasil'yev A.S., Kosarev A.N., Terziyev F.S. (Eds.) Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morey. T. 8.
Yaponskoye more. Vyp. 1. Gidrometeorologicheskiye usloviya. St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2003.
394 p. = [Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Vol. 8, Sea of Japan. Part 1. Hydrometeorological conditions]. St. Petersburg: Gidrometeoizdat; 2003. 394 p. (In Russ.)

9. Morimoto A., Yanagi T., Kaneko A. Eddy field in the Japan Sea derived from satellite altimetric data. *J. Oceanogr*: 2000;56:449–462.

10. Zhabin I.A., Dmitriyeva Ye.V., Taranova S.N., Lobanov V.B. Tsirkulyatsiya vod i mezomasshtabnyye vikhri v Yaponskom more po dannym sputnikovoy al'timetrii = [Water circulation and mesoscale eddies in the Sea of Japan based on satellite altimetry data]. *Earth Research from Space*. 2023;(6):52–72. (In Russ.).

11. Kassatkina A.P. New species of the genus *Sagitta* s. str. (Chaetognatha) from the Sea of Japan with the original methods of the coloring and dissection technique. *Zoosystematica Rossica*. 2008;17(1):3–6.

12. Schlitzer, 2019. Ocean data view. URL: http://odv.awi.de (date of application: January 20, 2025).

13. Kassatkina A.P. New species of Aidanosagitta from the northwestern part of the Sea of Japan. *Biol. Morya* (English translation: *Russ. J. Mar. Biol.*). 2007;33(4):272–277. (In Russ.).

14. Tokioka T. The taxonomical outline of Chaetognatha. Publ. Seto Mar. Biol. Lab. 1965;12(5):335-357.

15. Germain L., Joubin L. Chaetognathes. Prince Albert Result. Camp. Sci. 1916;49:1-118.

16. Kasatkina A.P. Novyye neriticheskiye shchetinkochelyustnyye iz zaliva Pos'yeta Yaponskogo morya = [New neritic species of chaetognaths from the Posjiet Bay, the Sea of Japan]. *Issledovaniye Fauny Morey*. 1971;8:265–294 (In Russ.).

17. Kassatkina A.P. Finding of new species of finless sagittids (Sagittidae: Chaetognatha) in the northwestern Sea of Japan. *Biol. Morya.* 2006;32(6):415–420. (In Russ.; English translation: *Russ. J. Mar. Biol.* 32(6):353–359).

18. Orbigny A.D., d'. Mollusken. In: Voyage dans l'Amerique meridionale. 1834–1835. 1843. Bd. 5, Teil 3. S. 1–140.

19. Ritter-Záhony R. Revision der Chaetognathen. Deutsche Südpolar Expedition. 1911;13(5):1-71.

 Ritter-Záhony R. Chaetognatha. In: Ergebnisse der Plankton Expedition der Humboldt Stiftung. 1911. Bd. 2, No. 25. S. 1–33.

21. Kassatkina A.P. Khetognaty morey SSSR i sopredel'nykh vod = [Chaetognaths of the USSR seas and adjacent waters]. Leningrad: Nauka; 1982. 136 s. (In Russ.).

22. Grassi B. Chetognati. Fauna, Flora Neapoli. 1883;5:1-145.

23. Casanova J.-P. *Sagitta lucida* et *Sagitta adenensis*. Chaetognathes mesoplanctoniques nouveaux du nord-ouest de l'ocean Indien. *Rev. Inst. Peches Marit.* 1983–1985;47(1 et 2):25–35.

24. Yarichin V.G. Sostoyaniye izuchennosti tsirkulyatsii vod Yaponskogo moray = [State of knowledge of the water circulation of the Sea of Japan]. *Proceedings of DVNIGMI*. 1980;80:46–61. (In Russ.).

25. Danchenkov M.A., Lobanov V.B., Riser S.C., Kim K., Takematsu M., Yoon J.-H. A history of physical oceanographic research in the Japan/East Sea. *Oceanography*. 2006;19(3):18–31.

26. Isoda Y., Naganobu M., Watanabe H., Nukata K. Horizontal and vertical structures of a warm eddy above the Yamato Rise. *Umi no Kenkyu.* 1992;1:141–151. (In Japanese with English abstract).

27. Nikitin A.A., Lobanov V.B., Danchenkov M.A. Vozmozhnyye puti perenosa teplykh subtropicheskikh vod v rayon Dal'nevostochnogo morskogo zapovednika = [Possible routes of transfer of warm subtropical waters to the area of the Far Eastern Marine Reserve]. *Izvestiya TINRO* (Pacific Research Fisheries Center). 2002;131:41–53 (In Russ.).

28. Nikitin A.A., Danchenkov M.A., Lobanov V.B., Yurasov G.I. Novaya skhema poverkhnostnoy tsirkulyatsii Yaponskogo morya s uchetom sinopticheskikh vikhrey = [New scheme of surface circulation of the Sea of Japan taking into account synoptic eddies]. *Izvestiya TINRO* (Pacific Research Fisheries Center). 2009;157:158–167. (In Russ.).

29. Lobanov V.B., Ponomarev V.I., Salyuk A.N., Tishchenko P.YA., Telli L.D. Struktura i dinamika sinopticheskikh vikhrey severnoy chasti Yaponskogo morya = [Structure and dynamics of synoptic eddies in the northern part of the Sea of Japan]. In: Far Eastern Seas of Russia. Oceanological studies. Moscow: Nauka; 2007. P. 450–473. (In Russ.).

30. Gordon A.L., Giulivi C.F., Lee C. M., Bower A, Furey H.H., Talley L.D. Japan/East Sea Intra-thermocline eddies. J. Phys. Oceanogr. 2002;32(6):1960–1974.