

DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-183-190

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF THE SEISHI INFLUENCE ON THE ACOUSTIC FIELD OF CLOSED SHALLOW WATER AREAS

P. A. Starodubtsev^{1,2}, N. L. Khalaev¹, E. N. Baklanov²

¹ — Pacific Higher Naval School S. O. Makarov, Vladivostok, Russian Federation

² — Far Eastern State Technical Fisheries University, 690087,
Vladivostok, Russian Federation

An approach to the solution of the problem of the development and improvement of small-scale monitoring systems for underwater situation through their spatial positioning with the determination of the locations of the seichy areas. The object of research is closed water areas and shallow areas of Peter the Great Bay (Primorsky Region). The subject of the research is the seiches and their influence on the hydroacoustic signal propagating in the water environment, taking into account the new elements of the marine environment monitoring paradigm. During the research, experimental methods are used, expressed in the formation of new elements of the paradigm of monitoring and transformation of approaches that represent the physics of hydrodynamic processes in the marine environment. The paradigm of the classical scheme for monitoring and control the state of the environment, consisting of observation and assessment, is supplemented by methods of forecasting the state of the environment and estimating the predicted state. Within the framework of monitoring, as a statistical process, the frequency of measurements is justified to prevent the missing information about the marine environment, where the intensity of data acquisition is determined by the maximum number of occurrences of the explored (measured) events according to the requirements of the Nyquist-Shannon theorem. The processes and wave phenomena on the surface and in the depth of the marine environment of enclosed water areas and shallow areas are theoretically and experimentally justified, due to the quasi-horizontal horizontally-vertical displacement of water masses, reminiscent of attractors. Seysches in shallow areas, semi-enclosed bays of Peter the Great Bay are standing free oscillations of a fluid in a “semi-enclosed” space with the formation of a single-node structure in it. According to the degree of influence on the hydroacoustic signal, seiche is a multi-vector spatial zone in deterministic dynamic chaos with a minimum integral level of natural sea noise or a zone of the most favorable arrangement of acoustic (combined) monitoring systems for the acoustic field of the marine environment.

Keywords: Seishi, seiches node, seiche oscillations, shallow-water area, compensatory flow, one-node structure, vortex processes, underwater monitoring, paradigm of monitoring, standing free vibrations.

For citation:

Starodubtsev, Pavel A., Nikolai L. Khalaev, and Evgenii N. Baklanov. “Investigation of the process of the seishi influence on the acoustic field of closed shallow water areas.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 10.1 (2018): 183–190. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-183-190.

УДК 534.87

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЛИЯНИЯ СЕЙШИ НА АКУСТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ЗАМКНУТЫХ АКВАТОРИЙ МЕЛКОВОДНЫХ РАЙОНОВ

П. А. Стародубцев^{1,2}, Н. Л. Халаев¹, Е. Н. Бакланов²

¹ — Тихоокеанское высшее военно-морское училище имени С. О. Макарова,
Владивосток, Российская Федерация

² — Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный универси-
тет (Дальрыбвтуз),
Владивосток, Российская Федерация

Представлен подход к решению проблемы развития и совершенствования малогабаритных систем освещения подводной обстановки через их пространственное позиционирование с определением мест нахождения районов сейши. Объект исследований — замкнутые акватории и мелководные районы залива Петра Великого (Приморский край). Предмет исследований — сейши и их влияние на гидроакустический

сигнал, распространяющийся в водной среде, с учетом новых элементов парадигмы мониторинга морской среды. При проведении исследований использованы экспериментальные методы, выраженные в формировании новых элементов парадигмы мониторинга и трансформации подходов, представляющих физику гидродинамических процессов в морской среде. Парадигма классической схемы мониторинга и контроля состояния среды, состоящая из наблюдения и оценки, дополнена методами прогноза состояния среды и оценки прогнозируемого состояния. В рамках мониторинга как статистического процесса для недопущения пропуска информации о морской среде обоснована частота измерений, при которой интенсивность получения данных определяется максимальным числом повторяемости исследуемых (измеряемых) событий согласно требованиям теоремы отсчетов о дискретности проводимых замеров. Теоретически и экспериментально обоснованы процессы и волновые явления на поверхности и в толще морской среды замкнутых акваторий и мелководных районов, обусловленные квазислоистым горизонтально-вертикальным перемещением водных масс, напоминающим собой аттракторы. Сейши в мелководных районах и полузакрытых бухтах залива Петра Великого представляют собой стоячие свободные колебания жидкости в «полужамкнутом» пространстве с формированием в нем одноузловой структуры. По степени влияния на гидроакустический сигнал сейши представляют собой разноректорную пространственную зону в детерминированном динамическом хаосе с минимальным интегральным уровнем природных шумов моря, или зону наиболее благоприятного расположения акустических (комбинированных) систем мониторинга акустического поля морской среды.

Ключевые слова: сейши, узел сейши, сейшевые колебания, мелководный район, компенсационное течение, одноузловая структура, вихревые процессы, освещение подводной обстановки, парадигма мониторинга, стоячие свободные колебания.

Для цитирования:

Стародубцев П. А. Исследование процесса влияния сейши на акустическое поле замкнутых акваторий мелководных районов / П. А. Стародубцев, Н. Л. Халаев, Е. Н. Бакланов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2018. — Т. 10. — № 1. — С. 183–190. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-1-183-190.

Введение (Introduction)

Необходимость решения задачи дальнего обнаружения акустически малозаметных морских объектов на современном этапе создания и модернизации существующих систем подводного наблюдения неизбежно ведет к пересмотру ряда фундаментальных положений и, прежде всего, парадигмы такого понятия, как *мониторинг морской среды*, в том числе и для обеспечения безопасности мореплавания.

В рамках теоретических разработок и натурных исследований, проводимых в военно-научной школе (ВНШ) № 37 «Низкочастотная активно-пассивная и параметрическая (просветная) гидролокация морской среды», зарегистрированной в реестре школ Министерства обороны РФ при Тихоокеанском высшем военно-морском училище имени С. О. Макарова (ТОВВМУ), за парадигму мониторинга морской среды берется дополненная новыми подходами совокупность научных установок, представлений и терминов, имеющая классическое определение, данное в [1] – [3].

Методы и материалы (Methods and Materials)

Парадигма мониторинга ВНШ отличается от классической схемы контроля состояния среды тем [1] – [3], что кроме наблюдения и оценки состояния среды неотъемлемыми частями мониторинга являются:

- метод прогноза состояния среды;
- метод оценки прогнозируемого состояния.

Эти дополнительные методы в парадигме мониторинга хорошо отображаются в виде структурной схемы системы, представленной на рис. 1.

Как статистический процесс мониторинг требует определения частоты проведения измерений какого-либо наиболее важного параметра для недопущения пропуска информации о морской среде. За критерий частоты измерений состояния морской среды, выработанный в ВНШ, берется понятие «интенсивность получения данных о морской среде». Данная величина должна определяться максимальным числом повторяемости исследуемых (измеряемых) событий ежедневно

в течение года и требованием теоремы А. В. Котельникова (в англояз. литературе — теорема Найквиста–Шеннона, или теорема отсчётов) о дискретности проводимых замеров.

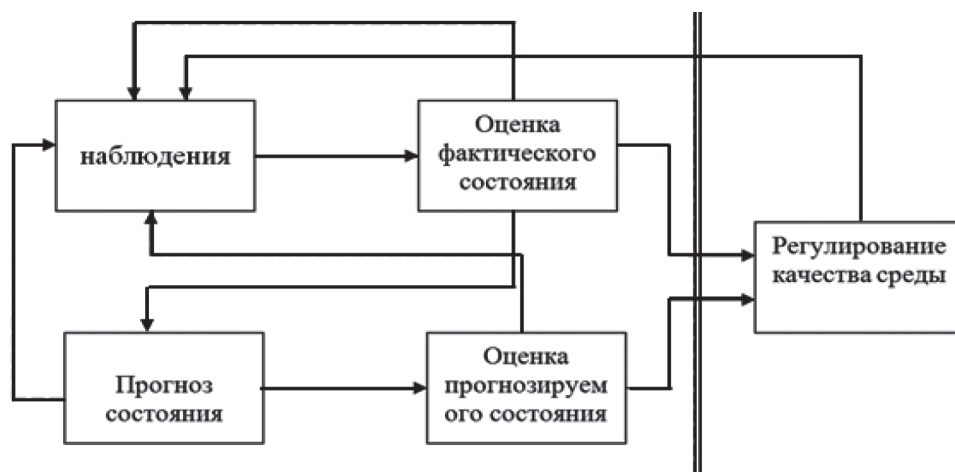


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга

Подлежат трансформации в существующей парадигме мониторинга [1] и методы, представляющие физику гидродинамических процессов в морской среде. Поэтому эти методы в первую очередь уточнялись и актуализировались при проведении НИР [2] в мелководных районах и бухтах залива Петра Великого (Приморский край). Для уточнения натурных исследований НИР в работах [2] и [3] было достаточно подробно описано присутствие детерминированного динамического хаоса в водной среде этих районов. Дополнительные натурные исследования, проводимые в этих районах в рамках НИР [4] по моделированию вихревых процессов в морской среде, позволили на основе источников [2] – [4] сделать ряд принципиальных выводов, определяющих алгоритм последующих действий в рамках новой парадигмы мониторинга морской среды.

Результаты (Results)

Процессы и волновые явления на поверхности и в толще морской среды замкнутых акваторий и мелководных районов обусловлены квазислоистым горизонтально-вертикальным перемещением водных масс, напоминающим собой аттракторы. Ветер, ветровые волны, стоячие волны, сгоны-нагоны уровня воды, наличие устойчивых течений и сила Кориолиса оказывают влияние на формирование и динамику гидроакустического поля исследуемого района.

Достаточно «сложное» для полного объяснения влияние на структуру и характер акустического поля среды (например, в бухте Стрелок залива Петра Великого) оказывают сейши. Как показали исследования [4], в данном районе они представляют собой [5] стоячие свободные колебания жидкости в «полузамкнутом» пространстве (рис. 2) с формированием одноузловой структуры.

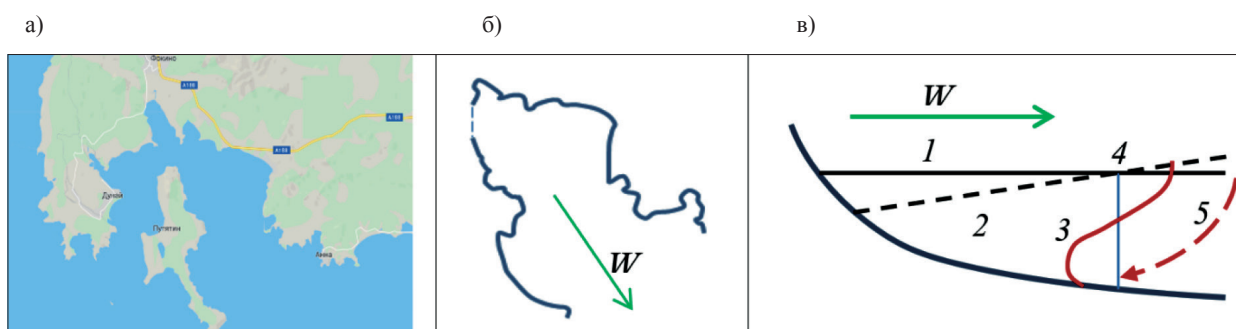


Рис. 2. Формирование одноузловой сейши:

а — акватория залива Петра Великого; б — направление нагонного ветра;

в — последовательность появления одноузловой сейши

Последовательность формирования и объяснение появления одноузловой структуры сейши следующая:

- под воздействием нагонного ветра W начинается формирование апвеллинга;
- уровень невзволнованной поверхности 1 переходит в уровень 2 , возникающий под действием нагонного ветра;
- водная поверхность начинает колебаться около узла сейши 4 ;
- с окончанием воздействия нагонного ветра возникает компенсационное течение 5 ;
- вертикальное распределение скорости течения принимает волновой характер 3 ;
- под влиянием вязких свойств морской воды вокруг узловой точки 4 возникает зона, где амплитуда приливной волны будет равна нулю.

Для экспериментального подтверждения данного вывода в ходе проведения НИР [4] были выполнены измерения вертикального распределения скорости звука (ВРСЗ) в шести точках одного из мелководных районов залива Петра Великого. В ходе измерений было установлено (рис. 3), что в пяти точках ($A - Д$) ВРСЗ имеет большую изменчивость от точки к точке и определяется характеристиками только данной точки. В последней шестой точке (точка E на выходе из бухты одного из мелководных районов залива Петра Великого) было выполнено 10 измерений с промежутками через 1 ч и установлено, что такая зависимость в точке E пропадает, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице ВРСЗ, и температуры воды на разных глубинах (рис. 4).

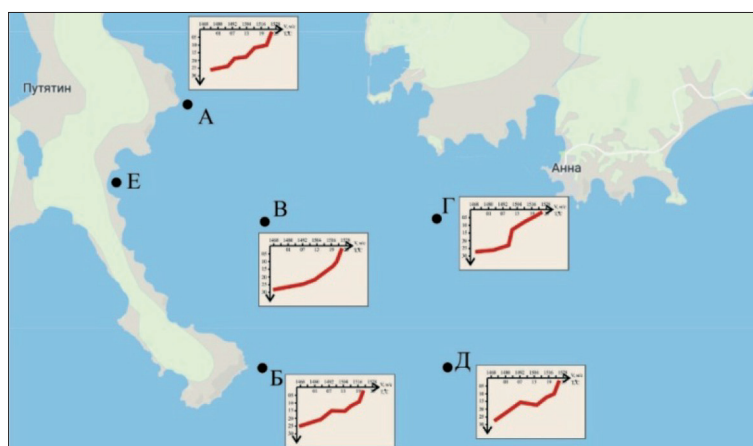


Рис. 3. ВРСЗ в пяти точках одного из мелководных районов залива Петра Великого

Данные о температуре воды и ВРСЗ на разных глубинах

$H, м$	17 ч 00 мин (время измерения)		18.00		19.00		21.00		22.00	
	$t, ^\circ C$	$C, м/с$	$t, ^\circ C$	$C, м/с$	$t, ^\circ C$	$C, м/с$	$t, ^\circ C$	$C, м/с$	$t, ^\circ C$	$C, м/с$
0	25	1528	25	1528	25	1528	24	1526	24	1526
5	22	1519	22	1519	22	1519	21	1520	21	1520
10	20	1510	19	1512	19	1512	19	1512	18	1513
15	16	1502	16	1502	16	1502	16	1502	16	1502
20	13	1492	13	1492	13	1492	13	1492	12	1490
25	9	1480	8	1478	7	1474	7	1474	7	1474
30	7	1474	7	1474	6	1472	6	1472	6	1472
$H, м$	23.00		00.00		01.00		02.00		03.00	
	$t, ^\circ C$	$C, м/с$	$t, ^\circ C$	$C, м/с$	$t, ^\circ C$	$C, м/с$	$t, ^\circ C$	$C, м/с$	$t, ^\circ C$	$C, м/с$
0	23	1525	22	1519	21	1520	20	1510	19	1512
5	20	1510	19	1512	18	1513	18	1513	17	1511
10	18	1513	16	1502	16	1502	15	1501	14	1500
15	16	1502	14	1500	12	1490	12	1490	11	1489
20	11	1489	11	1489	9	1480	8	1478	7	1474
25	6	1472	6	1472	5	1471	5	1471	5	1471
30	6	1472	5	1471	5	1471	4	1470	4	1470

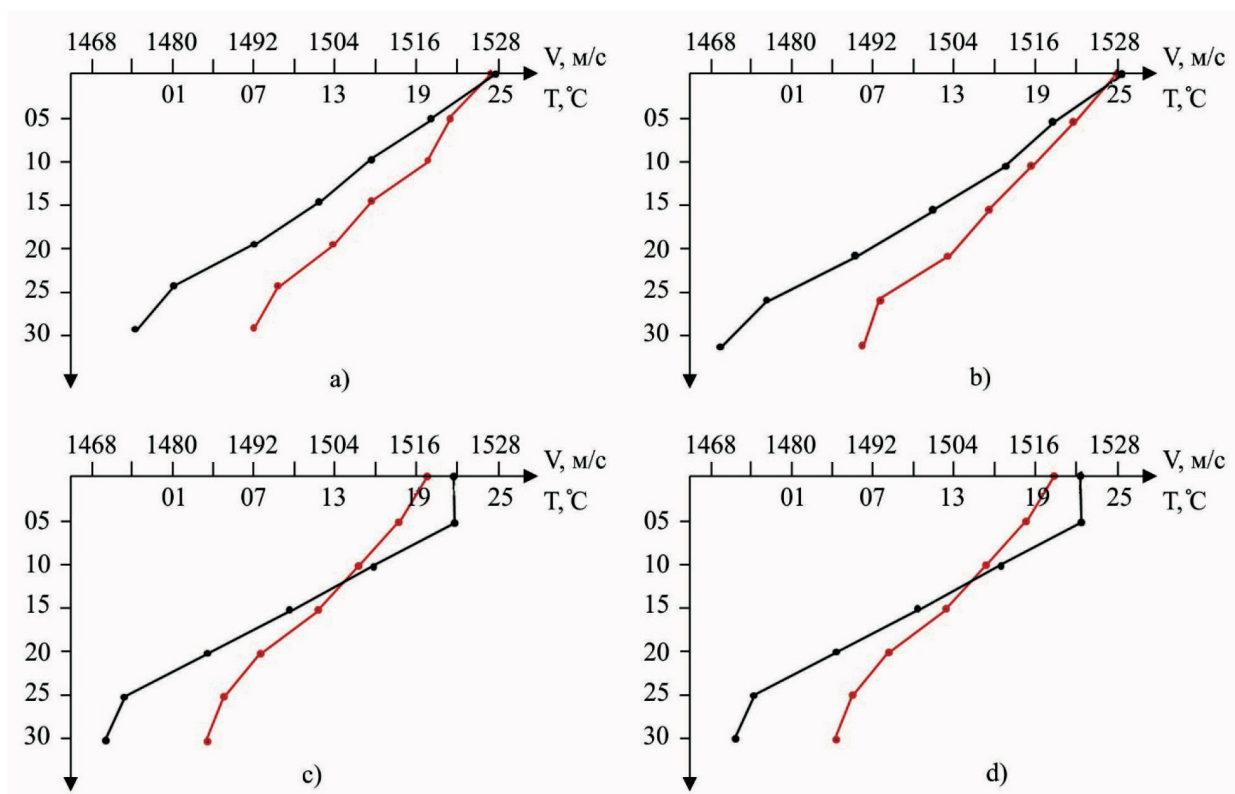


Рис. 4. Распределения температуры и скорости звука в узле (точка E):
a — 17:00; b — 23:00; c — 02:00; d — 05:00

Анализ работ по гидродинамическим характеристикам моря показал, что сейши являются одним из наиболее распространенных видов колебаний уровня поверхности в закрытых и полужакрытых водоемах Мирового океана [6] – [8]. Для оценки прогнозируемого состояния, предложенного как новый элемент парадигмы мониторинга морской среды, периоды колебаний уровня моря (T_1) для водоемов с одноузловой сейши определяются по методу Мериана:

$$T_1 = \frac{2L}{\sqrt{gH_{cp}}}, \quad (1)$$

где L — длина осевой линии водоема, равная половине длины одноузловой сейши; H_{cp} — средняя глубина водоема; g — ускорение свободного падения.

Для мелководного реального района залива Петра Великого, где $L = 17,1$ км; $H_{cp} = 39$ м минимальный период сейшевых колебаний составляет 28,5 мин. Поэтому, чтобы иметь информацию о гидроакустическом поле в исследуемом районе, необходимо замеры производить не реже чем через 14,25 мин.

Обсуждение (Discussion)

В последней шестой точке (точка E, рис. 3) мелководного района залива Петра Великого вертикальное распределение скорости течения имеет минимальные отклонения от среднего значения, что соответствует узлу колебаний стоячих волн в данном районе водной среды.

Как показали проведенные измерения [2], [4], именно эта зона обладает минимальным интегральным уровнем природных шумов моря и является зоной наиболее благоприятного расположения акустических и комбинированных систем мониторинга акустического поля морской среды.

Другими словами, как элемент новой парадигмы «прогноз состояния среды» длительный акустический мониторинг точек в закрытых и полужакрытых мелководных районах позволяет экспериментальным путем определить узлы сейши в ходе выбора места установки стационарных

средств гидроакустического, комбинированного исследования и мониторинга морской среды по минимальному уровню природных шумов моря и вертикального распределения скорости течения.

Сейши в мелководных районах и полузакрытых бухтах представляют собой, в отличие от [9], [10], стоячие свободные колебания жидкости в «полузамкнутом» пространстве с формированием в нем одноузловой структуры.

Частота проведения измерений параметров водной среды для недопущения пропуска информации о морской среде для мелководного реального района залива Петра Великого должна составлять половину минимального периода сейшевых колебаний.

По степени влияния на сигнал сейши есть разновекторная пространственная зона в детерминированном динамическом хаосе с минимальным интегральным уровнем природных шумов моря, или зона наиболее благоприятного расположения акустических (комбинированных) систем мониторинга акустического поля морской среды.

При длительном акустическом мониторинге n -го количества точек в закрытых и полузакрытых мелководных районах существует возможность, от противного, экспериментальным путем по уровню интегральных помех определить узлы сейши в ходе выбора места установки стационарных средств гидроакустического (комбинированного) исследования и мониторинга морской среды.

Заключение (Conclusion)

На основании анализа результатов натурных измерений, представленных в данной научной статье из монографии [2] и НИР [4], можно отметить, что к парадигме мониторинга морской среды мелководных районов, полузакрытых бухт и теории влияния сейш на акустический сигнал, распространяющийся в водной среде, появились достаточно фундаментальные и обоснованные дополнения.

Сейши, по большей части, хоть и не несут в себе какой-либо угрозы имуществу и безопасности населения приморских районов, представляют некоторую опасность для мореплавания. Узлы сейш располагаются у выхода из заливов и портов. В этих узлах происходят горизонтальные перемещения воды, которые при больших периодах сейш ($T > 0,5$ ч) способствуют возникновению в них довольно сильных, быстро изменяющих свое направление течений, которые отрицательно влияют на управляемость судов, входящих в порт или выходящих из него [11], [12].

Авторы статьи благодарят сотрудников кафедры физики и общетехнических дисциплин Тихоокеанского высшего военно-морского училища имени адмирала С. О. Макарова и кафедры судостроения Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета (Дальрыбвтуз) за оказанную помощь при подготовке акустических приборов к проведению натурных экспериментов и обработке полученных при морских измерениях данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мироненко М. В. Низкочастотный просветный метод дальней гидролокации гидрофизических полей морской среды: монография / М. В. Мироненко, А. Е. Малашенко, Л. Э. Карачун, А. М. Василенко. — Владивосток: ДВО РАН, 2006. — 173 с.
2. Мироненко М. В. Нелинейная просветная гидроакустика и средства морского приборостроения в создании дальневосточной радиогидроакустической системы освещения атмосферы, океана и земной коры, мониторинга их полей различной физической природы: монография / М. В. Мироненко, А. Е. Малашенко, А. М. Василенко [и др.]. — Владивосток: ФГБУН СКБ САМИ ДВО РАН, 2014. — 402 с.
3. Пат. 2536836 Российская Федерация, МПК G01V 1/38. Система параметрического приема гидрофизических и геофизических волн в морской среде / М. В. Мироненко, А. Е. Малашенко, Л. Э. Карачун, А. М. Василенко; заяв. и патентообл. СКБ САМИ ДВО РАН. — № 2013130194/28; заявл. 01.07.2013; опубл. 27.12.2014, Бюл. № 36.

4. Дальнее обнаружение слабозаметных неоднородностей морской среды маломощными просветными сигналами: Отчет по НИР ГБТ № 406/2008. — Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2008. — 161 с.
5. Разработка теоретических основ просветных технологий гидроакустического мониторинга океанской среды: Отчет по НИР ГБТ 668/2016-2017. — Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, 2017. — 130 с.
6. Жуков Ю. Н. Приливы и сейши. Как различить? / Ю. Н. Жуков // Навигация и гидрография. — 2015. — № 39. — С. 42–47.
7. Жуков Ю. Н. Метод расчета гармонических постоянных приливов по наблюдениям с пропусками / Ю. Н. Жуков, Е. В. Федорова // Навигация и гидрография. — 2017. — № 48. — С. 63–69.
8. Мироненко М. В. Информационно-аналитическая система расчета и анализа просветного гидроакустического поля в системах мониторинга морских акваторий / М. В. Мироненко, А. М. Василенко, Л. Э. Карачун // Датчики и системы. — 2015. — № 9–10 (196). — С. 12–16.
9. Ростов И. Д. Атлас по океанографии Берингова, Охотского, и Японского морей / И. Д. Ростов, Г. И. Юрасов, Н. И. Рудых [и др.]. — Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2003. — 400 с.
10. Горовой С. В. Некоторые результаты экспериментального оценивания трехмерных плотностей распределения выборочных значений давления гидроакустических шумов в заливе Петра Великого Японского моря / С. В. Горовой // Материалы докладов VIII Всероссийского симпозиума «Физика геосфер». — Владивосток, ТОИ ДВО РАН, 2013. — С. 59–63.
11. Cerralbo P. Hydrodynamic response in a microtidal and shallow bay under energetic wind and seiche episodes / P. Cerralbo, M. Grifoll, M. Espino // Journal of Marine Systems. — 2015. — Vol. 149. — Pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2015.04.003.
12. Qin R. Development of a GIS-based integrated framework for coastal seiches monitoring and forecasting: A North Jiangsu shoal case study / R. Qin, L. Lin // Computers & Geosciences. — 2017. — Vol. 103. — Pp. 70–79. DOI: 10.1016/j.cageo.2017.03.010.

REFERENCES

1. Mironenko, M.V., A.E. Malashenko, L.E. Karachun, and A.M. Vasilenko. *Nizkochastotnyi prosvetnyi metod dal'nei gidrolokatsii gidrofizicheskikh polei morskoi sredy: monografiya*. Vladivostok: DVO RAN, 2006.
2. Mironenko, M.V., A.E. Malashenko, A.M. Vasilenko, et al. *Nelineinaya prosvetnaya gidroakustika i sredstva morskogo priborostroeniya v sozdanii dal'nevostochnoi radiogidroakusticheskoi sistemy osveshcheniya atmosfery, okeana i zemnoi kory, monitoringa ikh polei razlichnoi fizicheskoi prirody. Monografiya*. Vladivostok: FGBUN SKB SAMI DVO RAN, 2014.
3. Mironenko, M.V., A.E. Malashenko, L.E. Karachun, and A.M. Vasilenko. RU 2 536 836 C1, IPC G 01 V 1/38. Sistema parametricheskogo priema gidrofizicheskikh i geofizicheskikh voln v morskoi srede. Russian Federation, assignee. Publ. 27 Dec. 2014.
4. *Dal'nee obnaruzhenie slabozametnykh neodnorodnostei morskoi sredy malomoshchnymi pro-svetnymi signalami: Otchet po NIR GBT № 406/2008*. Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi tekhnicheskii rybokhozyaistvennyi universitet, 2008.
5. *Razrabotka teoreticheskikh osnov prosvetnykh tekhnologii gidroakusticheskogo monitoringa okeanskoj sredy: Otchet po NIR GBT 668/2016-2017*. Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi tekhnicheskii rybokhozyaistvennyi universitet, 2017.
6. Zhukov, Yu.N. “Prilivy i seishi. Kak razlichit’?” *Navigatsiya i gidrografiya* 39 (2015): 42–47.
7. Zhukov, Yu.N., and E.V. Fedorova. “Metod rascheta garmonicheskikh postoyannykh prilivov po nablyudeniya s propuskami.” *Navigatsiya i gidrografiya* 48 (2017): 63–69.
8. Mironenko, Mihail V., Anna M. Vasilenko, and Leonard E. Karachun. “Information-analytical system of calculation and analysis of translucent hydroacoustic field in monitoring of sea areas.” *Sensors & Systems* 9-10 (196) (2015): 12–16.
9. Rostov, I.D., G.I. Yurasov, N.I. Rudykh, et al. *Atlas po okeanografii Beringova, Okhotskogo, i Yaponskogo morei*. Vladivostok: TOI DVO RAN, 2003.
10. Gorovoi, S.V. “Nekotorye rezul'taty eksperimental'nogo otsenivaniya trekhmernykh plotnostei raspredeleniya vyborochnykh znachenii davleniya gidroakusticheskikh шумов в заливе Петра Великого Японского мо-

ры.” *Materialy dokladov VIII Vserossiiskogo simpoziuma «Fizika geosfer»*. Vladivostok, TOI DVO RAN, 2013: 59–63.

11. Cerralbo, Pablo, Manel Grifoll, and Manuel Espino. “Hydrodynamic response in a microtidal and shallow bay under energetic wind and seiche episodes.” *Journal of Marine Systems* 149 (2015): 1–13. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2015.04.003.

12. Qin, Rufu, and Liangzhao Lin. “Development of a GIS-based integrated framework for coastal seiches monitoring and forecasting: A North Jiangsu shoal case study.” *Computers & Geosciences* 103 (2017): 70–79. DOI: 10.1016/j.cageo.2017.03.010.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Стародубцев Павел Анатольевич —

доктор технических наук, профессор
Тихоокеанское высшее военно-морское училище
имени С. О. Макарова
690062, Российская федерация, Владивосток,
Камский пер., 6
e-mail: spa1958@mail.ru

Халаев Николай Лукич —

кандидат технических наук, доцент
Тихоокеанское высшее военно-морское училище
имени С. О. Макарова
690062, Российская федерация, Владивосток,
Камский пер., 6
e-mail: halaevn@mail.ru

Бакланов Евгений Николаевич —

доцент
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет (Дальрыбвтуз)
690087, Российская федерация, Владивосток, ул.
Луговая, 52-Б
e-mail: baklanoven@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Starodubtsev, Pavel A. —

Dr. of Technical Sciences, professor
Pacific Higher
Naval School S.O. Makarov
6 Kamskii Lane, Vladivostok, 690062,
Russian Federation
e-mail: spa1958@mail.ru

Khalaev, Nikolai L. —

PhD, associate professor
Pacific Higher
Naval School S.O. Makarov
6 Kamskii Lane, Vladivostok, 690062,
Russian Federation
e-mail: halaevn@mail.ru

Baklanov, Evgenii N. —

Associate professor
Far Eastern State Technical
Fisheries University
52-B Lugovaya Str., Vladivostok, 690087,
Russian Federation
e-mail: baklanoven@mail.ru

Статья поступила в редакцию 15 января 2018 г.

Received: January 15, 2018.