

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Тарасов С.П., Воронин В.А., Тимошенко В.И.* Нелинейная акустика в океанологии. Монография / Под ред. Кузнецова В.П. – М. Физматлит, 2010. Применение гидроакустических систем с параметрическими антеннами в океанологических исследованиях. – Дополнение. – С. 183-254.
2. *Воронин В.А., Тарасов С.П., Тимошенко В.И.* Гидроакустические параметрические системы. – Ростов-на-Дону: Ростиздат. 2004. – 400 с.
3. *Воронин В.А., Кузнецов В.П., Мордвинов Б.Г., Тарасов С.П., Тимошенко В.И.* Нелинейные и параметрические процессы в акустике океана. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. – 448 с.
4. *Воронин А.В., Тарасов С.П., Кузнецов В.П.* Использование приемных параметрических антенн в исследованиях характеристик водных акваторий // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 6 (95). – С. 123-126.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор И.И. Турулин.

Воронин Артем Васильевич – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: eha@fep.tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371795; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; ассистент.

Воронин Василий Алексеевич – e-mail: eha@fep.tsure.ru; кафедра электрогидроакустической и медицинской техники; д.т.н.; профессор.

Voronin Artem Vasilievich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: eha@fep.tsure.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371795; the department of hydroacoustic and medical engineering; assistant professor.

Voronin Vasily Alekseevich – e-mail: eha@fep.tsure.ru; the department of hydroacoustic and medical engineering; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 551.524+551.508.5

Я.В. Гицба, Я.А. Экба

ТЕНДЕНЦИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АБХАЗСКОЙ АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

На термический режим моря в теплый сезон наибольшее влияние оказывает солнечная инсоляция поверхностных вод и тепло-массообмен с поверхностью суши. За последние 20 лет наблюдается существенное повышение среднегодовой температуры поверхностных вод абхазской акватории на 0,8 °С. Среднее многолетнее повышение солёности составляет (3,12 %), что находится в пределах сезонной изменчивости солёности. Коэффициент корреляции между изменением солёности и речным стоком оказался высоким $r=-0,82$. В осенне-зимний сезон преобладает волнение южного направления, со средним максимальным значением зимой (27,2 %) и средним минимальным значением осенью (25,9 %). Наибольшая повторяемость волнения моря юго-западного направления наблюдается весной (24,7–27,9 %).

Температура; солёность; ветровой режим; волнение моря; атмосферные осадки; речной сток.

Y.V. Gitsba, Y. A. Ekba

**TENDECITY CHANGES OF HYDROPYSICALAL PARAMENERS
OF ABKHAZIAN AREA OF WATER BLACK**

The sun insolation from the top of water makes the most influence on thermal regime of sea in warm season and warm-massexchange from the land. From the latest 20 years observe essential rising of middle year temperature of Abkhazian area of top water on 0,8 °C. Middle of long standing rising of saltiness is (3,12 %), that is in season limit of saltiness changing. The coefficient of correlation between saltiness changing and river flow is high $r = -0,82$. Rough of south direction predominate in autumn-winter season, with middle maximum meaning in winter (27,2%) and middle maximum meaning in autumn (25,9 %). The largest repetition of sea waving in south – west direction observe in spring (24,7–27,9 %).

Temperature; saltiness; wind condition; sea warring, atmospheric precipitation; river flon.

Климатические условия и их изменчивость являются основными факторами, определяющими гидрофизическую структуру и динамику вод Черного моря. Из всего комплекса климатообразующих факторов наиболее важными для гидрофизического режима являются два метеорологических параметра – приземная температура воздуха и ветер. Атмосферные термические условия (термический фактор) ответственны за гидрофизические процессы, формирующие гидрологическую структуру верхнего слоя моря. Ветровые условия (динамический фактор) определяют динамику вод и термические условия основного черноморского течения (ОЧТ) [5].

Гидрологический режим Черного моря формируется под влиянием водообмена с Мраморным и Азовским морями, стока пресных вод с суши и климатических условий. Материковый сток обуславливает значительное распреснение поверхностного слоя воды, особенно в прибрежных районах Черного моря. Существенное влияние на гидрологический режим оказывают и климатические условия.

Объекты и методы исследования. *Температура* морской воды измеряется в поверхностном слое на Сухумском мысу с оконечности причала, выступающего в море на 30 метров четыре раза в сутки в 07, 13, 19 часов местного времени. Под температурой поверхностного слоя понимается температура верхнего слоя морской воды, толщиной не более 1 м в месте измерения, принимаемая за среднюю в этом слое и условно распространяемая на прибрежную акваторию [3].

Определение солености морской воды. Аргентометрический метод, или метод определения солености морской воды по хлору, пока является наиболее распространенным и точным. Сущность метода определения хлорности заключается в том, что отмеренную пробу морской воды (15 мл) титруют раствором азотно-кислого серебра (AgNO_3) определенной концентрации до прекращения образования белого творожистого осадка хлорного серебра (AgCl), т.е. полного осаждения всех галогенидов [3].

Метеорологические параметры измеряются в непрерывном режиме с использованием автоматизированной метеостанции Venteg Pro-2.

Результаты и обсуждение. *Температурный режим.* Для климата Абхазии существенное значение имеет температура поверхностного слоя Черного моря, омывающего берега Абхазии. Черное море является аккумулятором тепла осенью и аккумулятором более прохладных вод в весеннее время – этим обеспечиваются "бархатный сезон" в сентябре – ноябре и отсутствие зноя в мае – июне, когда море еще не прогрелось.

Из среднемесячного распределения температуры воды с 1994 по 2012 гг. следует, что температура понижается с августа по февраль включительно. Наименьшая средняя месячная температура поверхностного слоя воды в прибрежной зоне

сухумской акватории наблюдается в феврале и составляет $8,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 1), что в целом согласуется с общим ходом теплового баланса. Максимальное значение температуры воды в августе составляет $26,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. С февраля по август температура воды имеет тенденцию к повышению.

Минимальная температура воды в самом холодном месяце феврале составляет $7,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и наблюдалась в 2008 г. Минимальная температура воды для самого теплого месяца августа составила $24,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и наблюдалась в 1994 г. Максимальная температура воды ($9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) в феврале наблюдалась в 1999 и 2010 гг. Максимальная температура воды в августе $27,9$ наблюдалось в 2001г. Максимальная температура воды в зимние месяцы (в декабре $16,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, январе $11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и феврале $9,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) наблюдалась в 2010 г. Относительно низкие температуры воды в летний период оказали влияние на среднегодовую температуру воды в 1994 г, значение которого оказалось невысоким ($16,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Теплые годы характеризуются высокими значениями температуры воды в зимние месяцы.

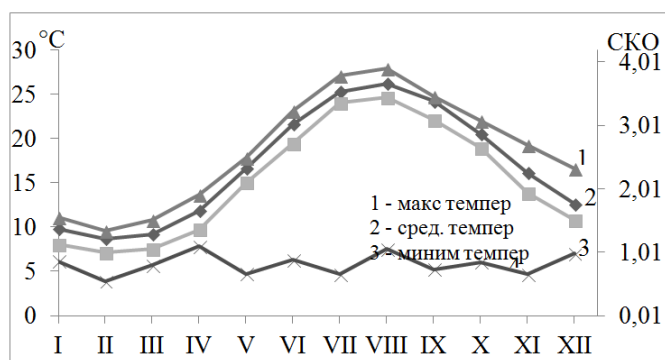


Рис. 1. Максимальные, средние, минимальные значения температура воды и СКО с 1994 по 2012 гг. в сухумской акватории Черного моря

Среднеквадратические отклонения температуры воды колеблются от $0,55$ в феврале до $1,1$ в апреле. Более сглаженные и низкие значения СКО наблюдаются с мая по июль. Наибольшие среднеквадратические отклонения температуры морской воды ($1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) объясняются наибольшими суточными колебаниями температуры воды, что объясняется нарушением термической стабильности моря из-за повышения количества речного стока, осадков в осенние месяцы, турбулентного перемешивания и прогревания поверхностных вод.

Из массива данных по многолетней температуре в период с 1895 по 2012 гг. следует повышение температуры морской воды на $0,48\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2).

С 1895 по 1944 гг. температура морской воды повысилась на $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, с 1945 по 1992 гг. наблюдается понижение температуры на $0,23\text{ }^{\circ}\text{C}$. В отличие от первых двух периодов, за последние 20 лет наблюдается более существенное повышение температуры морской воды ($0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Для оценки многолетней изменчивости термических условий разработана специальная шкала, в основу которого положена величина среднего квадратического отклонения температуры (σ) относительно ее многолетнего значения ($T_{\text{н}},\text{ }^{\circ}\text{C}$) [4]. Согласно этой шкале температуры, превышающие $T_{\text{н}} \pm 2\sigma$, характеризуют экстремальные температурные условия. Процесс обработки массива данных по этой шкале выявил группы лет с одноименными термическими условиями. Аномально теплыми годами за период с 1895 по 2012 гг. являются: 1904, 1924, 1966, 1999–2002 гг., 2010, 2012 г; аномально холодными – 1906–1907, 1921, 1956, 1961, 1992 гг.

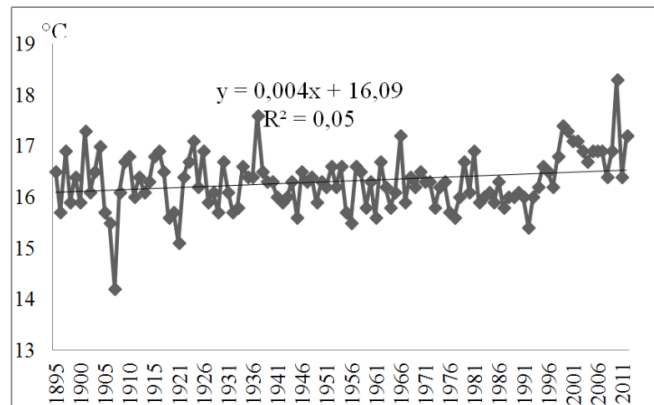


Рис. 2. Среднегодовые многолетние значения температуры морской воды

Представляет значительный интерес межгодовая изменчивость температуры воды и ее влияние на температуру воздуха в период регионального потепления в Абхазии. На протяжении наблюдаемого периода (1994–2012 гг.) максимальная среднегодовая температура воды наблюдалась в 2010 г. (18,3 °С), а воздуха – в 2010 г. (18,3 °С). Минимальная среднегодовая температура воды наблюдалась в 1997 г. (16,2 °С), а воздуха – в 1994 г. (12,9 °С) (рис. 3). Средняя многолетняя температура воды в период регионального потепления составляет 16,9 °С, температура воздуха – 15,4 °С. В период глобального потепления температура воды повысилась на 0,57 °С, а температура воздуха – на 2,47 °С.

Для выявления тенденции изменения температуры морской воды в сухумской акватории Черного моря проведено сравнение между среднемесячными значениями температуры в период регионального потепления с климатической нормой и вычислено отклонение температуры от нормы. Среднемесячная температура августа повысилась за последний период на 1,9 °С, хотя февральская температура морской воды понизилась на 0,2 °С. Максимальное отклонение от климатической нормы наблюдается в июле (2,2 °С) [1].

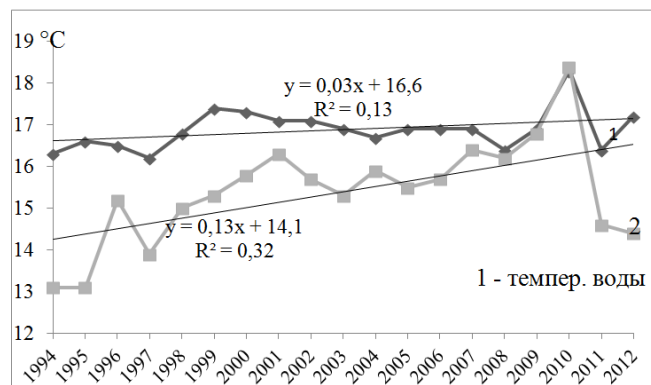


Рис. 3. Среднегодовое значение температуры воды и воздуха в период регионального потепления (1994–2012 гг.)

Пространственное распределение температуры воды вдоль побережья Абхазии имеет тенденцию к повышению с северо-запада на юго-восток, за исключением гудаутской акватории, где наблюдаются более низкие температуры. Наимень-

шая зимняя температура воды во всех пунктах за исключением Гагры наблюдается в феврале, а в Гагре в марте. Минимальная февральская температура наблюдается в гудаутской акватории и составляет 6,5 °С, максимальная – в гагрской акватории (9,2 °С). Наибольшая среднемесячная температура во всех пунктах наблюдается в августе, как и в юго-восточной части Черного моря. Максимальная температура морской воды в августе наблюдается в очамчирской акватории (25,6 °С), а минимальная в акватории Гудауты (24,4 °С) [6].

Соленость и ее экологическая роль. Распределение солености на поверхности моря характеризуется ее незначительным (от 17,5 до 18,3 ‰) увеличением с северо-запада к юго-востоку, что вдвое меньше, чем в средиземном море – 36 ‰. Это объясняется воздействием рек, впадающих в северо-западную часть моря. Величины поверхностной солености изменяются по сезонам, что наиболее отчетливо проявляется в опресняемых районах. Зимой соленость несколько повышена в связи с уменьшением притока речных вод в море, летом значительный речной сток и поступление вод из Азовского моря поддерживает распреснение моря [6].

Для выявления среднемесячных и сезонных значений солёности поверхностных вод сухумской акватории проведена статистическая обработка массива данных за период 1998–2010 гг. (рис. 4).

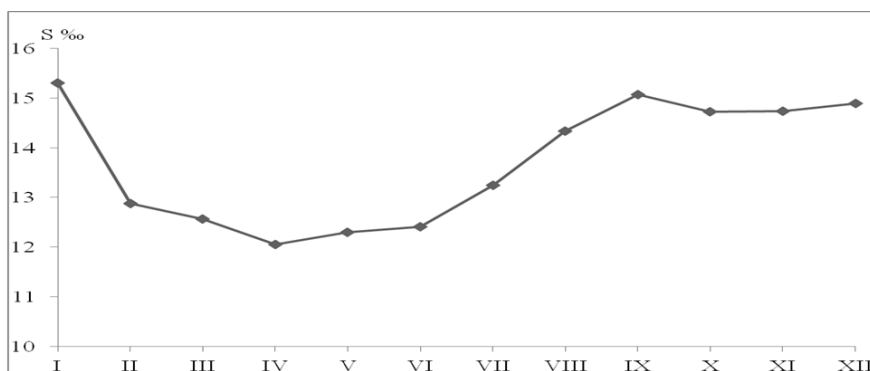


Рис. 4. Среднемесячные значения солености сухумской акватории за 1998–2010 гг.

Солёность поверхностных вод сухумской акватории Черного моря уменьшается с 15,3 ‰ в январе до 12,03 ‰ в апреле. Такое понижение солёности весной и начале летнего периода связано с усилением поступающего в море речного стока за счет таяния ледников в горах. В зимний период (в январе) значительно уменьшается количество речного стока и осадков. Минимальное сезонное значение солёности наблюдается в весенний период и составляет 12,03 ‰, максимальное – зимой (14,1 ‰). Среднее многолетнее значение солености составляет 13,27 ‰, что объясняется большим количеством речного стока на территории кавказского побережья [2].

Так как соленость моря является важным экологическим фактором, исследована и многолетняя изменчивость солености сухумской акватории Черного моря за 1998–2010 гг. (рис. 5).

Экологическая роль солености определяется видовым разнообразием живых организмов, следовательно, повышение солености приводит к увеличению видового разнообразия. Среднее многолетнее повышение солености сухумской акватории Черного моря (3,12 ‰) не вызывает особых изменений в видовом разнообразии рыб, так как данное повышение находится в пределах сезонной изменчивости солености. Минимальное значение солености наблюдалось в 2000 г. (11,2 ‰), максимальное – в 2005 г. (16,38 ‰) (см. рис. 5).

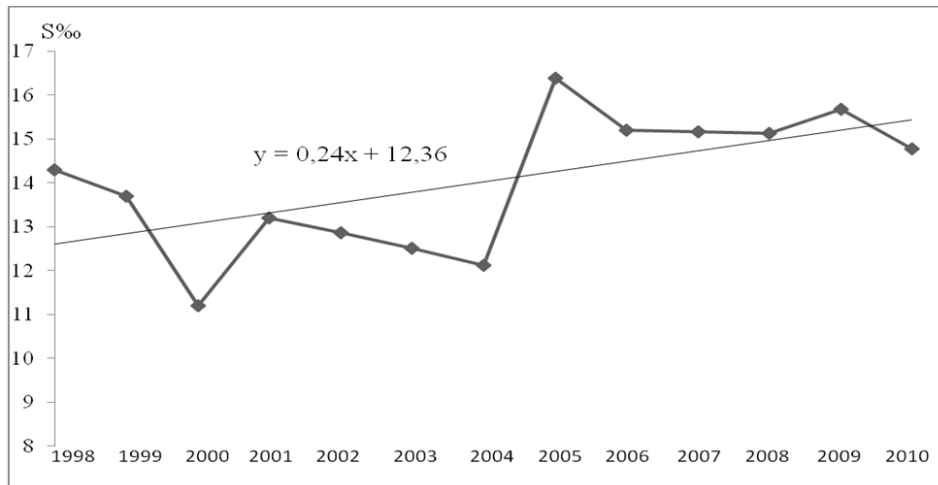


Рис. 5. Многолетняя изменчивость солености сухумской акватории Черного моря

Для установления факторов, влияющих на сезонную изменчивость солености сделана попытка выявления корреляционной связи между значениями солености и колебаниями уровня р. Гумиста ($r = -0,82$) (рис. 6).

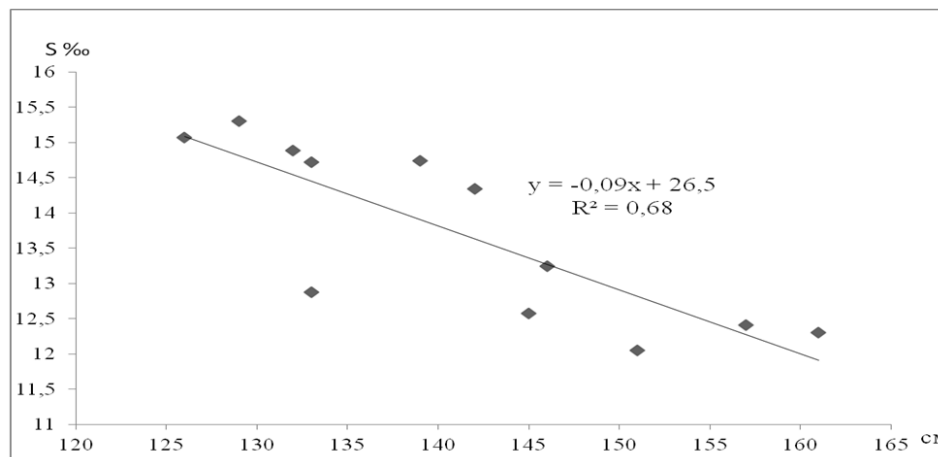


Рис. 6. Зависимость среднемесячных значений солености от уровня р. Гумиста

Наибольшая корреляционная связь между данными физическими параметрами наблюдается в летний период ($r = -0,92$), наименьшая – в зимний ($r = -0,79$). Коэффициент корреляции между количеством осадков и среднемесячными значениями солености оказался положительным и составил $r = 0,54$, хотя отрицательная корреляционная связь в отдельные сезоны наблюдается. Например, в осенний и летний периоды коэффициенты корреляции имеют отрицательный знак и составляют $r = -0,88$, $r = -0,71$ соответственно, а в весенний период $r = +0,73$ [2].

Ветровое волнение моря. В прибрежной зоне Абхазии сильные ветры чаще всего наблюдаются зимой и в периоды смены типов атмосферной циркуляции ранней весной и поздней осенью. Они определяют частоту появления интенсивных штормов.

В отдельные годы наблюдаются до 55 дней с сильными штормами. При этом более 70 % из них приходятся на период с октября по март месяцы. Своей разрушительной силой известны западные штормы, на долю которых приходится более 60 % всех случаев наблюдений. Волны этого направления имеют длину разгона около 1000 км. Волнения южных румбов менее часты, около 40 %. Из-за небольшой длины разгона (150–200 км) они уступают своими размерами западным волнам.

Наибольшей силой волнения у абхазских берегов в период 1999–2010 гг. характеризуются месяцы январь–апрель. Повторяемость волнения в IV балла и более за эти месяцы у Сухума составляет более 8 %, а у Очамчиры – 14 %. Более сильное волнение моря у Очамчиры объясняется тем, что он более открыт и доступен юго-западным ветрам, которые являются здесь постоянными за указанное время (98 % повторяемости). Зыбь вызывается обычно неустойчивыми по направлению и силе ветрами и чаще в восточной половине моря [5].

Повторяемость штормов более IV наибольшая в феврале и составляет от 17,8 % и минимальное – в мае 4,5 %. Наименьшее количество штормов наблюдается с середины весны до начала осени (рис. 7).

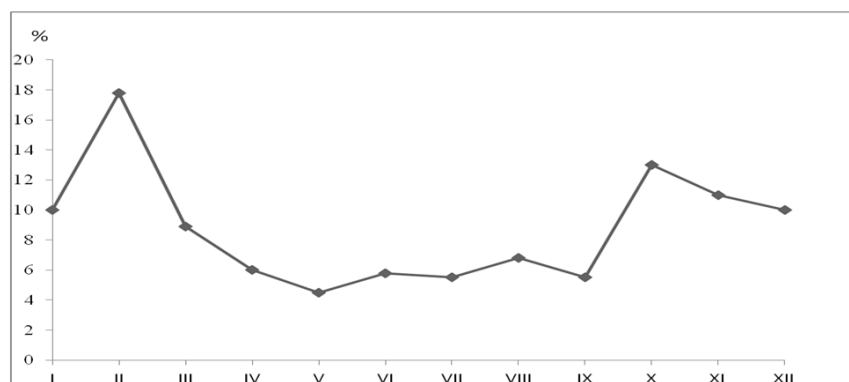


Рис. 7. Распределение частоты появления штормов силой более IV баллов

В сухумской акватории в процентном отношении доминируют юго-западное (21,8 %) и южное (21,3 %) направления волнения моря [1]. В осенне-зимний сезон преобладает волнение южного направления, со средним максимальным значением – зимой (27,2 %). В весенне-летний период доминируют ЮЗ и З направления волнения моря, с наибольшей повторяемостью ЮЗ румбов весной (24,7–27,9 %) и румбов западного направления летом (23,1–29,3 %).

Температура морской воды сухумской акватории Черного моря за последние 20 лет обнаруживает тенденцию повышения в среднем на 0,8 °С.

За последние 10 лет наблюдалась тенденция к повышению солёности воды в сухумской акватории на 3,12 %.

Наибольшую повторяемость волнения моря в сухумской акватории имеют юго-западные и южные направления. Наименьшей повторяемостью волнения моря характеризуются северо-западные и северо-восточные румбы.

Наблюдается положительный тренд количества сильных штормов в зимний период.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гицба Я.В. Многолетняя и сезонная изменчивость климатических факторов над абхазской акваторией Черного моря // Известия вузов Северокавказского региона. – Ростов-на-Дону, 2007. – № 5. – С. 18-25.

2. *Гицба Я.В.* Влияние регионального потепления климата на изменения температуры и солености поверхностных вод сухумской акватории Черного моря // Вестник АНА. – 2011. – № 3. – С. 201-207.
3. Наставление по гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – Вып. 9. – Ч. 1. – 312 с.
4. *Титов В.Б., Савин М.Т.* Об оценке температурного режима атмосферы, формирующего гидрологическую структуру Черного моря // Метеорология и гидрология. – 2000. – № 10. – С. 78-84.
5. *Экба Я.А., Дбар Р.С., Гицба Я.В.* Ветровое волнение и абразия черноморского побережья Абхазии. Морские берега – эволюция. Экология, экономика: Материалы XXIV Международной береговой конференции. – Туапсе, 2012. – Т. 2. – С. 113-123.
6. *Экба Я.А., Дбар Р.С.* Экологическая климатология и природные ландшафты Абхазии. – Сочи: Папирус-М-Дизайн, 2007. – 324 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор Р.А. Ласурия

Экба Январби Алиевич – Абхазский госуниверситет, Институт экологии АНА; e-mail: Asida_cen@mail.ru; e-mail: ekba-yan@yandex.ru, 384904, г. Сухум, ул. Университетская, 1; тел.: +79409217190; кафедра прикладной экологии; зав. кафедрой; зам. директора по науке; д.ф.-м.н.; профессор; член – корр. АНА.

Гицба Яна Валиковна – e-mail: Yana-love@mail.ru; г. Сухум, ул. Аргун, 28, 11; тел.: +79409934818, +78402231019; кафедра прикладной экологии; доцент; с.н.с.

Ekba Yanvarbi Alievich – Abkhazian state university, Institute of ecology of the Academy of science of Abkhazia; e-mail: ekba-yan@yandex.ru; 1, University, street, Sukhum, 384904; phone: +79409217190; the applied ecology department; head the department; depute director of science; dr. of phis.-math. sc.; professor; the member correspondent of the Academy of science of Abkhazia.

Gitsba Yana Valikovna – e-mail: Yana-love@mail.ru; 28, 11, Argun street, Sukhum; phone: +79409934818, +78402231019; the applied ecology department; associate professor; senior scientist.

УДК 621.396.933.21

Д.Ш. Нагучев, В.Л. Сахаров, О.А. Савицкий

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОСВЕЩЕНИЯ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ В ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Рассматриваются результаты разработки системы для текущего анализа ледовой обстановки на борту объекта в параметрическом режиме. Описана математическая модель формирования и распространения зондирующих сигналов в акустическом канале параметрического измерителя толщины льда, модель отражения (рассеяния) акустических сигналов от локально-плоскостной системы с размытыми границами. Проведено математическое моделирование акустического канала ПИТЛ. Выполнен выбор и обоснование типов зондирующих сигналов. Сделаны оценки погрешности измерений толщины льда в условиях априорной неопределенности информации об актуальных значениях скорости звука во льду.

Параметрическая антенна; ледовая обстановка; модель; акустический канал.

D.Sh. Nagutchev, V.L. Sakharov, O.A. Savitskiy

TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF TECHNICAL MEANS OF ICE CONDITIONS MONITORING IN THE PARAMETRIC MODE

The results of the development of systems for routine analysis of ice conditions on board the object in parametric mode are discussed in the article. The mathematical model of the formation and propagation of the probing signals in the acoustic channel of parametric gauge ice thickness,