

УДК 004.65

А.С. Елифанова, А.А. Куркин, О.Е. Куркина, Т.Е. Моисеенко, А.В. Рыбин

**О РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОГО АТЛАСА НАБЛЮДЕНИЙ
ВНУТРЕННИХ ВОЛН В МИРОВОМ ОКЕАНЕ**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Создана постоянно пополняемая база данных (БД), содержащая сведения из 774 литературных источников о зарегистрированных проявлениях внутренних волн за период с 1972 по 2019 гг. Рассмотрены ее преимущества и ограничения, обоснована необходимость создания цифрового атласа, позволяющего получать уже проанализированные данные, хранящиеся в данной БД. Описан процесс изучения изображения, содержащегося в литературном источнике. Проведен анализ характеристик внутренних волн на шельфе Черного моря (27 записей из 2866, хранящихся в БД). Представлена пилотная версия цифрового атласа наблюдений внутренних волн. Приведены примеры визуализации наблюдений, зарегистрированных вблизи п.г.т. Кацевели, г. Геленджик и на шельфе Абхазии. Планируется расширить структуру БД и интегрировать разработанный цифровой атлас в веб-приложение IGWAtlas, предназначенное для работы с базой данных наблюдений внутренних волн в Мировом Океане и публичного доступа к наблюдениям и источникам.

Ключевые слова: цифровой атлас наблюдений, внутренние волны, Мировой океан, IGWAtlas, база данных, Черное море.

Введение

Внутренние волны широко распространены в Мировом океане. Основопологающим механизмом их возникновения в прибрежной зоне является взаимодействие приливных течений с неоднородностями рельефа дна. При этом возникают внутренние волны высотами в несколько десятков, а, в отдельных случаях, и сотен метров [1]. Они представляют серьезную опасность для подводных частей гидротехнических сооружений, что негативно отражается на хозяйственной деятельности человека в прибрежных районах. Поэтому сбор и анализ информации о случаях регистрации внутренних волн является одним из приоритетных направлений исследований.

Для обобщения сведений о наблюдениях внутренних волн в Мировом океане и обеспечения дальнейшей работы с ними была создана база данных [2], содержащая материалы за период 1972-2019 гг. о 2866 зарегистрированных проявлениях внутренних волн, которым соответствуют 3053 изображения. Источником начальных сведений является Атлас океанских уединенных внутренних волн – каталог, содержащий информацию о прямых и дистанционных наблюдениях внутренних волн [3]. Для взаимодействия конечного пользователя с базой данных было разработано веб-приложение IGWAtlas [4]. Данный онлайн-ресурс обеспечивает возможность быстрого поиска информации о подтвержденных случаях регистрации внутренних волн, описанных в отечественной и зарубежной литературе. Однако довольно часто графические данные, представленные в источниках, не имеют подробного описания или содержат информацию в неявном виде, что затрудняет ее использование для решения различных прикладных задач. Кроме того, любая подобная база представляет собой именно набор данных, и предполагается, что их анализ будет производиться конечным пользователем. Это требует определенных знаний и значительных временных затрат. В свою очередь, существуют решения, позволяющие предоставлять пользователю уже обработанную информацию. К одному из них относится создание цифрового атласа, обобщающего сведения, содержащиеся в базе данных, и визуализирующего характеристики, проанализированные специалистом.

Качественный анализ записей внутренних волн

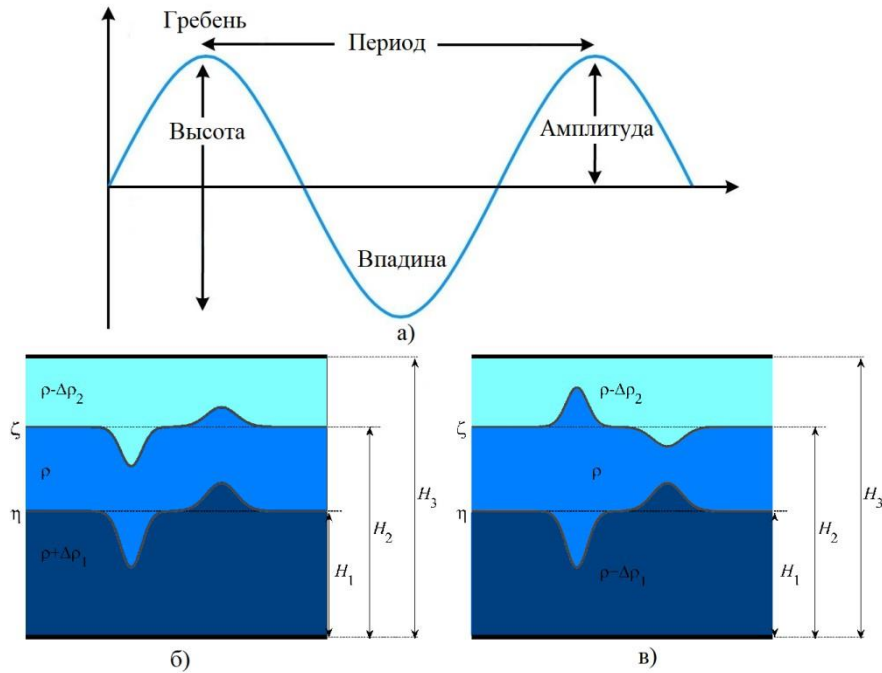


Рис. 1. Схематичное представление параметров волны (а), пример уединенных короткопериодных волн первой (б) и второй (в) моды

Нагляднее всего внутренние волны проявляются в колебаниях поля плотности морской воды $\rho(z, \vec{x}, t)$. При этом, как правило, анализируются отклонения $\eta(\vec{x}, t, z)$ изопикнических поверхностей от их невозмущенных положений, и, таким образом, определяется амплитуда колебаний. Здесь \vec{x} – координатный вектор в горизонтальной плоскости, t – время, z – вертикальная координата. Предполагая, что частица жидкости движется по вертикали, сохраняя свою плотность, можно найти ее вертикальное смещение η из уравнения (1):

$$\rho_{observed}(z + \eta(\vec{x}, t, z)) = \rho_{mean}(z). \quad (1)$$

Приблизительно это соотношение может быть переписано как (2):

$$\rho_{observed}(z, \vec{x}, t) = \rho_{mean}(z - \eta(\vec{x}, t, z)). \quad (2)$$

В предположении малой амплитуды получается явная формула (3):

$$\eta(\vec{x}, t, z) = -\frac{\Delta\rho(z, \vec{x}, t)}{d\rho_{mean}/dz}, \quad (3)$$

где $\Delta\rho(z, \vec{x}, t) = \rho_{observed}(z, \vec{x}, t) - \rho_{mean}(z)$ есть флуктуации плотности в соответствующей точке.

В рамках модового описания длинных внутренних волн смещение изопикнических поверхностей (в предположении одномодового поля) представляется в виде (4):

$$\eta(\vec{x}, z, t) = A(\vec{x}, t)\Phi(z), \quad (4)$$

где линейная вертикальная мода $\Phi(z)$ есть решение задачи Штурма-Лиувилля (5):

$$\frac{d^2\Phi}{dz^2} + \frac{N^2(z)}{c^2}\Phi = 0 \quad (5)$$

с граничными условиями (6):

$$\Phi(0) = \Phi(H) = 0, \Phi_{\max} = \Phi(z_{\max}) = 1, \quad (6)$$

где $z = 0$ соответствует дну и $z = H$ – поверхности моря, $N^2(z)$ – частота Брента-Вяйсяля, определяемая как (7):

$$N^2(z) = -\frac{g}{\rho_0(z)} \frac{d\rho_0(z)}{dz}, \quad (7)$$

где g – ускорение свободного падения, $\rho_0(z)$ – невозмущенный вертикальный профиль плотности жидкости.

Решением задачи (5), (6) является дискретный набор собственных мод $\Phi_n(z)$ и соответствующих собственных значений c_n . Многомодовое линейное волновое поле представляет собой обобщенный ряд Фурье по собственным модам (8):

$$\eta(\bar{x}, z, t) = \sum_n A_n(\bar{x}, t) \Phi_n(z), \quad (8)$$

где амплитуды A_n соответствующих мод находятся как коэффициенты ряда (5) из условия ортогональности с весом для мод $\Phi_n(z)$ (9):

$$A_n(\bar{x}, t) = \frac{\int_0^H \eta(\bar{x}, z, t) \Phi_n(z) N^2(z) dz}{\int_0^H \Phi_n^2(z) N^2(z) dz}. \quad (9)$$

Прямые измерения внутренних волн бывают нескольких видов: буксируемые, с автономных заякоренных приборов (буев), а также с заякоренного и дрейфующего судна. Чаще всего измерения проводятся в фиксированной географической точке $\bar{x} = \bar{x}^*$. Для таких данных возможно разложение (5)-(9), при условии, что известны фоновые гидрологические условия (невозмущенный профиль плотности $\rho_0(z)$). В дальнейшем при составлении атласа такой анализ планируется проводить для каждой имеющейся в базе данных записи внутренних волн.

Модовый состав можно и качественно определить по изображению, изучив вертикальную структуру волнового поля, а именно – направления гребней или впадин волны. Если они ориентированы в одну сторону, то речь идет о волне первой моды, если в разные – о волне второй моды. Если гребни вновь меняют свое направление, то это волна третьей моды. Но для волн третьей моды и выше классификация не проводилась. Далее определяется тип внутренних волн по их длительности (масштабу времени) и форме: длинные волны, цуги короткопериодных внутренних волн, внутренний бор и прочие.

Известно, что частоты внутренних гравитационных волн лежат в диапазоне частот $f \leq \omega \leq N_{\max}$, где $f = 2\Omega \sin \varphi$ – инерционная частота (Ω – угловая скорость вращения Земли вокруг оси, φ – географическая широта), N_{\max} – максимум частоты Брента-Вяйсяля (8). Если значение частоты внутренних волн близко к значению инерционной частоты, то волны являются длинными. Если же значение частоты близко к максимальному значению частоты Брента-Вяйсяля, то внутренние волны являются короткопериодными. На основании этого мы будем классифицировать имеющиеся записи по временному масштабу.

Амплитуда внутренней волны определяется как расстояние от среднего уровня до гребня или впадины. Высота внутренней волны определяется как максимальное расстояние от гребня до подошвы (нижняя точка волны), а период волны как расстояние между двумя соседними гребнями (рис. 1а). Полярность внутренней волны также зависит от расположения ее гребней: отрицательная выражается в явном направлении их вниз (рис. 1б, слева), положительная – вверх (рис. 1б, справа). Это характерно для волн первой моды. Для внутренних волн второй моды определяют такие характеристики, как выпуклость (рис. 1в, слева) и вогнутость (рис. 1в, справа) волны.

Цифровой атлас наблюдений внутренних волн в Мировом океане

Как было отмечено ранее, для получения точных сведений о характеристиках внутренних волн (амплитуда, период, мода, полярность и пр.) пользователю необходимо проанализировать большой объем данных. Разрабатываемый нами цифровой атлас наблюдений внутренних волн содержит следующую информацию: название источника, географические координаты записи, анализируемое поле, тип внутренней волны, ее мода, амплитуда, период, полярность, а также дата проведенного наблюдения. Он может применяться для качественного прогноза процессов их распространения, при непосредственном моделировании трансформации внутренних волн в выбранной акватории, экспресс-оценок полярности, формы и амплитуды солитонов внутренних волн и интерпретации результатов натуральных экспериментов. В дальнейшем в структуру атласа планируется добавить сведения о типе измерений внутренних волн.

Если в источнике отсутствовал полный анализ записи наблюдений, оценка характеристик внутренних волн по изображению выполнялась следующим образом: в первую очередь, определялась мода внутренних волн, затем – тип по длительности и форме, после чего находились период и амплитуда. Далее, в зависимости от моды внутренней волны, определялась ее полярность.

В качестве первой анализируемой акватории нами было выбрано Черное море, поскольку здесь находятся важные гидротехнические сооружения и крупнейшие порты юга России, а в шельфовой зоне размещены коммуникации международного и федерального значения. Наблюдения внутренних волн на Черноморском побережье проводятся в основном в трех локациях: на полигоне Морского гидрофизического института РАН вблизи п.г.т. Кацивели, на северо-восточном шельфе в акватории около Геленджика [5, 6], а также на шельфе Абхазии, район Сухума [7]. В течение долгого времени в прибрежных районах Черного моря проводились детальные исследования внутренних волн с помощью контактных методов [8]. Полученные данные позволили подробно изучить процессы, лежащие в основе генерации интенсивных внутренних волн [9, 10].

В настоящее время цифровой атлас содержит 27 записей наблюдений внутренних волн в Черном море, длительностью от одного до двухсот часов. На Крымском шельфе получено 19 прямых измерений внутренних волн, как первой, так и второй моды (табл. 1), тогда как в районе Геленджика (табл. 2) и на шельфе Абхазии (табл. 3) – 8 наблюдений только первой моды. Все данные были извлечены из изображений записей внутренних волн, анализируемым полем которых является температура. Обобщенные качественные и количественные характеристики зарегистрированных проявлений внутренних волн в Черном море представлены на рис. 2.

Все проанализированные наблюдения разделились по типам внутренних волн следующим образом: длинные волны (ДВ) – 16 наблюдений, цуги короткопериодных внутренних волн (цуги КВВ) – 7 наблюдений и внутренний бор (ВБ) – 4 наблюдений. В выбранной акватории преобладают волны первой моды (20 наблюдений), большинство из которых отрицательной полярности (6). Волны второй моды (3) в основном выпуклые (1). Стоит отметить, что отрицательная и положительная полярность присуща волнам первой моды, в то время как выпуклость и вогнутость характерны для волн второй моды. Кроме того, полярность определена не у каждой записи в силу того, что анализируемые изображения недостаточно четко отображают данную характеристику и требуется дополнительный анализ. Длинные волны имеют период от 2 до 20 час, короткопериодные волны – от 5 до 30 мин, внутренний бор неперіодичен. Среди рассмотренных изображений было выявлено 5 записей с амплитудой от 2 до 5 м, 22 записи с амплитудой от 6 до 20 м.

Таблица 1

Данные из литературных источников по наблюдениям внутренних волн на крымском шельфе (44.38 с.ш., 33.98 в.д.) [7, 10, 11, 15]

№	Мода	Тип	Амплитуда, м	Период, ч	Полярность	Дата
1	2	ДВ	15	6 - 12	-	12.07.1981 - 17.07.1981
2	1	Цуги КВВ	5	0.16 - 0.33	отрицательная	11.07.1981
3	1	ДВ	20	8-9	-	30.08.1981 - 02.09.1981
4	1	Цуги КВВ	8	0.5	отрицательная	лето 1992
5	1	Цуги КВВ	9	0.25	отрицательная	30.07.1993
6	1	Цуги КВВ	2	0.42	отрицательная	27.06.1981
7	1	Цуги КВВ	8	0.08	отрицательная	10.07.1991
8	1	Цуги КВВ	7	0.2	отрицательная	10.07.1991
9	1	ДВ	12	10	отрицательная	10.07.2013 - 16.07.2013
10	2	ДВ	6	10	выпуклая	13.07.2013 - 14.07.2013
11	2	ДВ	9	2	выпуклая	15.07.2013 - 16.07.2013
12	1	ВБ	6	-	-	15.07.2013 - 16.07.2013
13	1	ВБ	7	-	-	10.07.2013 - 11.07.2013
14	1	ДВ	19	7	отрицательная	11.07.2011 - 12.07.2011
15	2	ДВ	15	5	вогнутая	16.07.2011 - 17.07.2011
16	1	ДВ	20	9	-	21.08.2017 - 24.08.2017
17	2	ДВ	8	3	выпуклая	01.08.2017 - 03.08.2017
18	2	ДВ	14	17	выпуклая	22.08.2017 - 25.08.2017
19	2	ДВ	10	9	выпуклая	26.08.2017

Таблица 2

Данные из литературных источников по наблюдениям внутренних волн вблизи г. Геленджик (44.58 с.ш., 37.93 в.д.) [7, 10, 14]

Мода	Тип	Амплитуда, м	Период, ч	Полярность	Дата
1	ДВ	10	10	отрицательная	29.05.2013 - 09.06.2013
1	ВБ	3	-	-	22.07.2014
1	Цуги КВВ	2	0.08	положительная	03.06.2013

Таблица 3

Данные из литературных источников по наблюдениям внутренних волн на шельфе Абхазии (42.97 с.ш., 40.97 в.д.) [7, 10, 12]

№	Мода	Тип	Амплитуда, м	Период, ч	Полярность	Дата
1	1	ДВ	12	17	отрицательная	16.09.2013 - 25.09.2013
2	1	ДВ	20	10	положительная	23.10.2013 - 25.12.2013
3	1	ВБ	2	-	положительная	28.05.2014
4	1	ДВ	15	17	положительная	26.09.2013 - 02.10.2013
5	1	ДВ	7	17	положительная	26.05.2014 - 02.06.2014

Ниже приведены изображения из цифрового атласа наблюдений внутренних волн в Мировом океане, выполненные с помощью OceanDataView [17] (рис. 3-5). Длинные волны обозначаются пиктограммами без штриховки и контура, цуги короткопериодных внутренних волн имеют штриховку, а внутренний бор – широкий контур. Светлым изображена первая мода внутренней волны, а темным – вторая мода. Отрицательная полярность отмечена светлым треугольником, направленным вниз, положительная – направленным вверх. Темным треугольником, направленным вниз, изображена вогнутость внутренней волны, вверх – выпуклость. Ромб использован в тех случаях, когда полярность невозможно было определить по изображению.

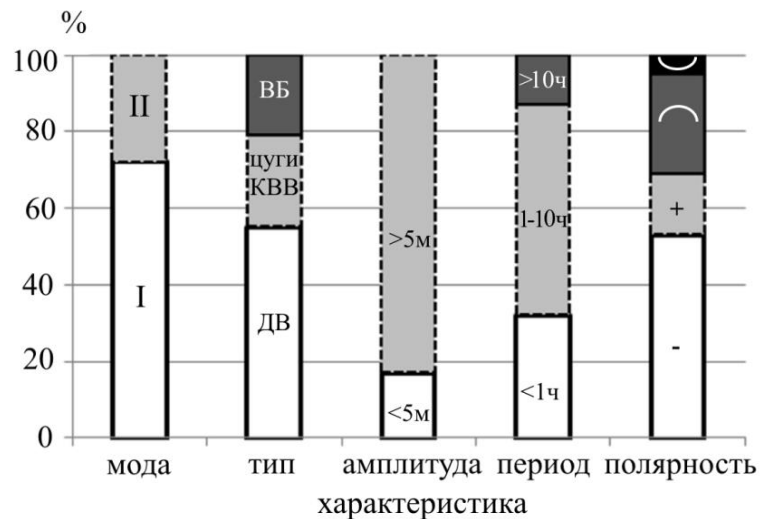


Рис. 2. Анализ характеристик внутренних волн на Черноморском побережье

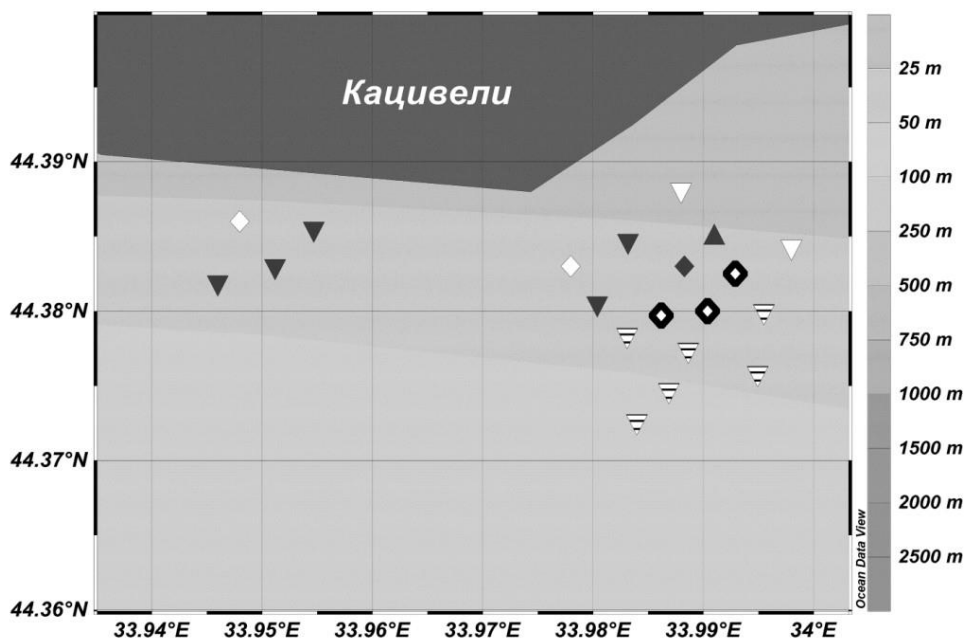


Рис. 3. Визуализация зарегистрированных проявлений внутренних волн и их характеристик вблизи п.г.т. Кацивели

Изменение структуры базы данных наблюдений внутренних волн в Мировом океане

В настоящее время база данных наблюдений внутренних волн в Мировом океане состоит из пяти таблиц: `igwatlas_record`, `igwatlas_record_source`, `igwatlas_source`, `igwatlas_source_files`, `igwatlas_file`. С их описанием можно ознакомиться в [18]. Однако такая схема базы данных не позволяет хранить в ней параметры, извлеченные из изображений. Поэтому все характеристики проанализированных наблюдений содержатся в текстовом файле. В дальнейшем мы планируем расширить структуру базы данных таким образом, чтобы иметь возможность хранить эти сведения в ней. Для этого необходимо создать новую таблицу `igwatlas_data` (рис. 6).

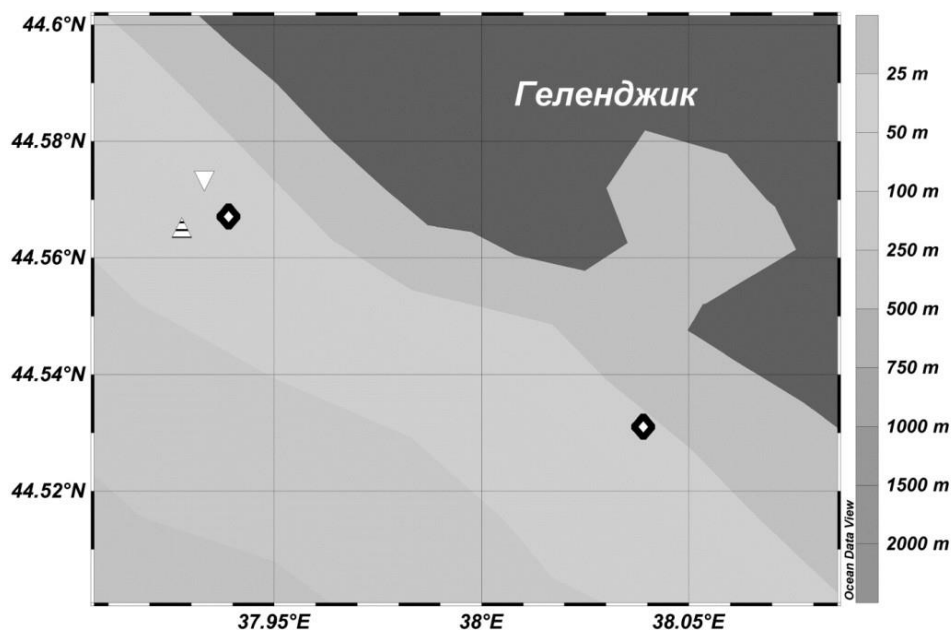


Рис. 4. Визуализация зарегистрированных проявлений внутренних волн и их характеристик вблизи г. Геленджик

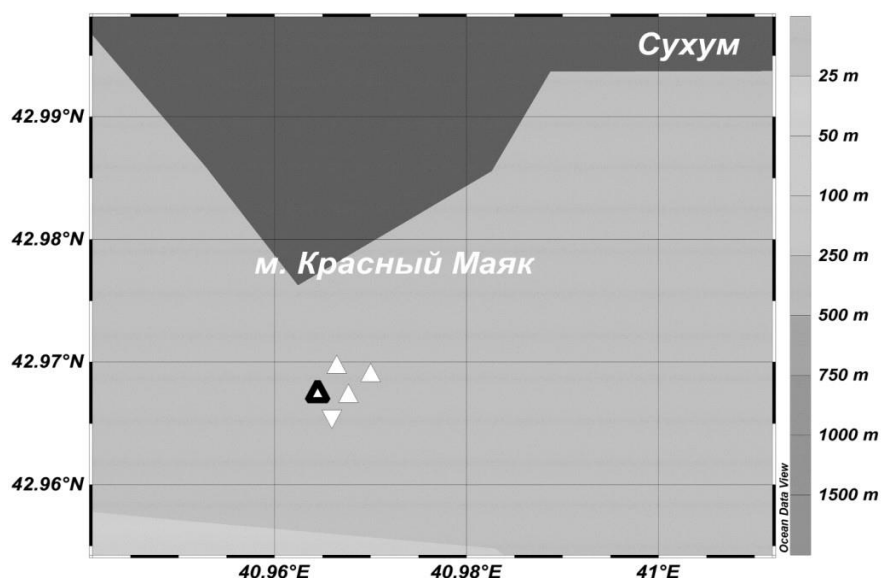


Рис. 5. Визуализация зарегистрированных проявлений внутренних волн и их характеристик на шельфе Абхазии

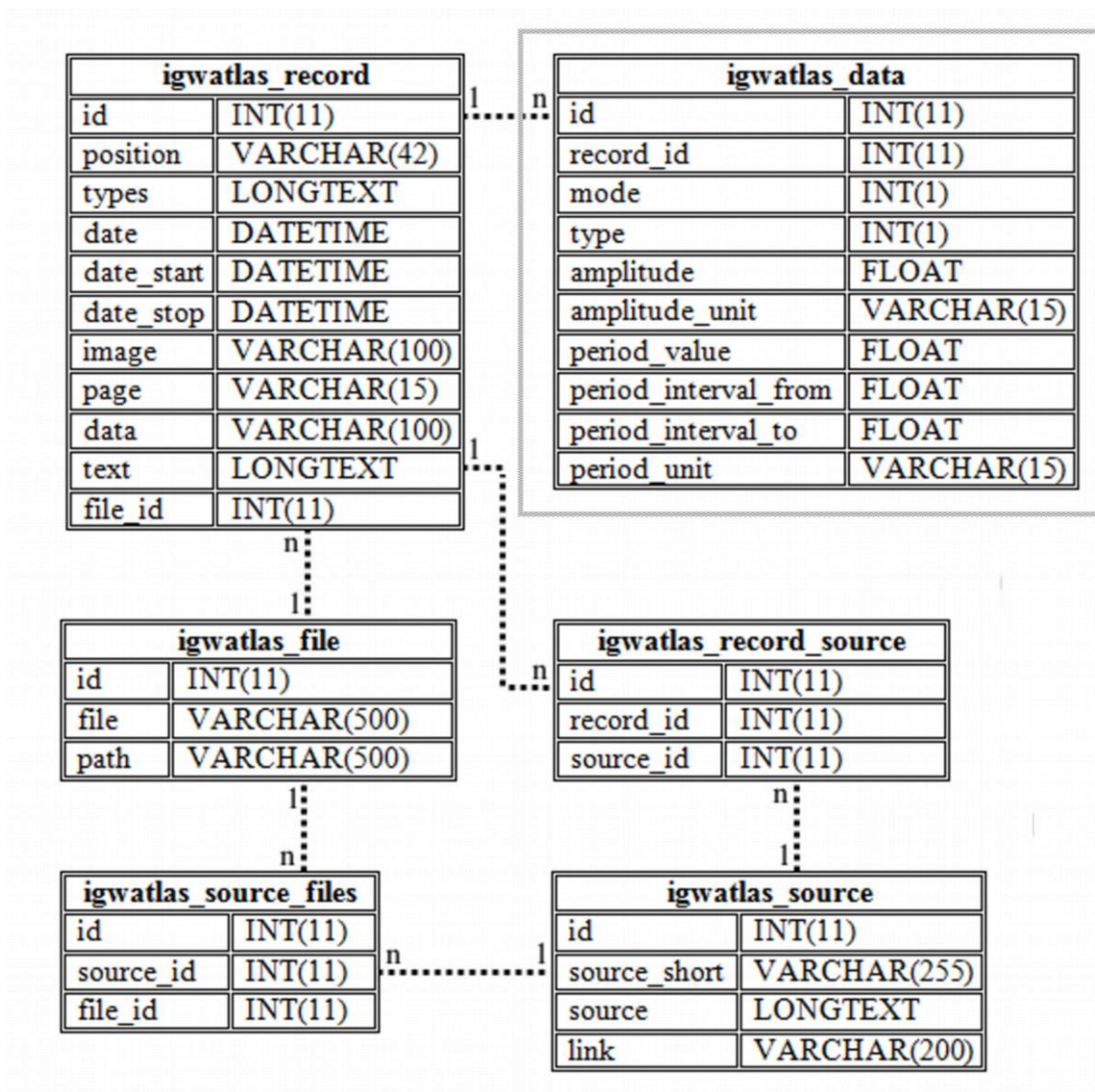


Рис. 6. Структура базы данных

Таблица *igwatlas_data* состоит предварительно из 10 полей, описание которых приведено в табл. 4.

Таблица 4

Описание полей таблицы *igwatlas_data*

Поле	Описание
Id	ключ таблицы
record_id	ключ таблицы <i>igwatlas_record</i>
Mode	номер моды
Type	тип внутренних волн (ДВ, Цуги КВВ, ВБ)
Amplitude	значение амплитуды
amplitude_unit	единицы измерения амплитуды
period_value	значение периода внутренних волн (если интервал неизвестен)
period_interval_from	значение периода внутренних волн (начало)
period_interval_to	значение периода внутренних волн (конец)
period_unit	единицы измерения периода внутренних волн

Отношения между элементами таблиц `igwatlas_record` → `igwatlas_data` – один ко многим, т.е., каждой записи, содержащей информацию о наблюдениях внутренних волн, могут соответствовать несколько записей с проанализированными характеристиками. Это позволит расширить функционал приложения IGWAtlas и с его помощью визуализировать на карте мира значения моды, типа, амплитуды, периода внутренних волн, а также, при необходимости, прочие параметры. На данный момент обработаны только наблюдения по Черному морю (27 записей). Дальнейший анализ изображений, содержащихся в БД, покажет, насколько структура таблицы `igwatlas_data` отвечает нашим требованиям. Возможно, потребуется ее нормализация и выделение некоторых характеристик в отдельные таблицы, чтобы максимально сократить количество пустых ячеек и оптимизировать хранение данных.

Заключение

Непрерывно пополняемая база данных наблюдений внутренних волн в Мировом океане содержит 2866 записей о регистрируемых проявлениях внутренних волн. Из нее извлечены и проанализированы 27 наблюдений, выполненных в Черном море. Созданный на ее основе прототип цифрового атласа обеспечивает возможность получать предварительно обработанные высококвалифицированным специалистом в области физики океана сведения, содержащиеся в изображениях, представленных в литературных источниках. Также, чтобы повысить качество и расширить состав отображаемых характеристик, планируется перенести цифровой атлас в веб-приложение IGWAtlas. Это позволит предоставить конечному пользователю онлайн доступ к нему и по запросу получать статистику по имеющимся наблюдениям.

Представленные результаты получены в рамках выполнения государственных заданий в сфере научной деятельности (№ 5.4568.2017/6.7 и № 5.1246.2017/4.6) и при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке научных исследований ведущих научных школ Российской Федерации НШ-2685.2018.5.

Библиографический список

1. **Morozov, E.G.** Oceanic Internal Tides: Observations, Analysis and Modeling / E.G. Morozov // Springer International Publishing. – 2018. – DOI: 10.1007/978-3-319-73159-9.
2. **Епифанова, А.С.** База данных наблюдений внутренних волн в Мировом океане / А.С. Епифанова, А.В. Рыбин, Т.Е. Моисеенко, О.Е. Куркина, А.А. Куркин, Д.Ю. Тюгин // Морской гидрофизический журнал. – 2019. – Т. 35. – №. 4. – С. 395–403. – DOI: 10.22449/0233-7584-2019-4-395-403.
3. **Jackson, Ch.R.** An Atlas of Internal Solitary-Like Waves and Their Properties / Ch.R. Jackson // Second ed. – Alexandria (Va): Global Ocean Associates. – 2004. – P.560.
4. **Рыбин, А.В.** Программный комплекс для работы с данными наблюдений интенсивных внутренних волн и результатами инструментальных измерений стратификации плотности вод в мировом океане / А.В. Рыбин, Д.Ю. Тюгин, Е.А. Рувинская, С.В. Крылов, О.Е. Куркина, А.А. Куркин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660337. от 29 сентября 2015 г.
5. **Goncharov, V.V.** Acoustic tomography at shelf of the Black Sea / V.V. Goncharov, V.N. Ivanov, O.Yu. Kochetov, V.F. Kuryanov, A.N. Serebryanyi // Acoustical Physics. – 2012. – V.58. – №. 5. – P.562-570. – DOI:10.1134/S1063771012030050.
6. **Zatsepin, A.G.** Subsatellite polygon for studying hydrophysical processes in the Black Sea shelf-slope zone / A.G. Zatsepin, A.G. Ostrovskii, V.V. Kremenetskiy, S.S. Nizov, V.B. Piotukh, V.A. Soloviev, D.A. Shvov, A.L. Tsibul'sky, S.B. Kuklev, O.N. Kukleva, L.V. Moskalenko, O.I. Podymov, V.I. Baranov, A.A. Kondrashov, A.O. Korzh, A.A. Kubryakov, D.M. Soloviev, S.V. Stanichny // Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. – 2014. – V.50. – №. 1. – P.13-25.
7. **Серебряный, А.Н.** Исследования внутренних волн на кавказском и крымском шельфах Черного моря летом 2013 г. / А.Н. Серебряный, Е.Е. Химченко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т.11. – №. 3. – С.88-104.

8. **Иванов, В.А.** Короткопериодные внутренние волны в прибрежной зоне бесприливного моря / В.А. Иванов, А.Н. Серебряный // Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана. – 1985. – Т.21. – №. 6. – С.648-656.
9. **Иванов, В.А.** Внутренние волны на шельфе Черного моря в районе Гераклеийского полуострова: моделирование и наблюдение / В.А. Иванов, Т.Я. Шульга, А.В. Багаев, А.В. Медведева, Т.В. Пластун, Л.В. Вержевская, И.А. Свищева // Морской гидрофизический журнал. – 2019. – Т.35. – №. 4. – DOI: 10.22449/0233-7584-2019-4-322-340.
10. **Химченко, Е.Е.** Внутренние волны на Кавказском и Крымском шельфах Черного моря (по летне-осенним наблюдениям 2011–2016 гг.) / Е.Е. Химченко, А.Н. Серебряный // Океанологические исследования. – 2018. – Т.46. – №. 2. – С.69-87. – DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2018.46(2).7.
11. **Серебряный, А.Н.** Исследования внутренних волн в Черном море с океанографической платформы МГИ / А.Н. Серебряный, В.А. Иванов // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2013. – Т.6. – №. 3. – С.34-45.
12. **Химченко, Е.Е.** О наблюдении внутренних волн на шельфе Абхазии / Е.Е. Химченко, А.Н. Серебряный // Комплексные исследования Мирового океана материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых, 2017. – С. 296-299.
13. **Тюгин, Д.Ю.** Проблемно-ориентированный программный комплекс для моделирования динамики внутренних волн в стратифицированном океане / Д.Ю. Тюгин, А.А. Куркин, О.Е. Куркина // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2018. – №. 2. – С.52-59.
14. **Bondur, V.G.** An Anomalous Record-High Internal Wave Train on the Black Sea Shelf, Generated by an Atmospheric Front / V.G. Bondur, A.N. Serebryany, V.V. Zamshina // Doklady Akademii Nauk. – 2018. – V. 483. – №. 4. – DOI: 10.1134/S1028334X18120012.
15. **Ivanova, I.N.** Internal Waves on the Black Sea Shelf / I.N. Ivanova, V.S. Shlychkova // Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk, Seriya Fizicheskaya. – 2018. – V. 82. – №. 11. – P. 1573-1576.
16. **Иванов, В.А.** Внутренние волны в шельфовой зоне и у кромки шельфа в Черном море / В.А. Иванов, А.Д. Лисиченок // Морской гидрофизический журнал. – 2002. – №. 6. – С. 67-63.
17. **Schlitzer, R.** Ocean Data View. – Режим доступа: <https://odv.awi.de> (дата обращения 10.10.2019).
18. **Епифанова, А.С.** Мониторинг внутренних волн в мировом океане с использованием базы данных / А.С. Епифанова, А.В. Рыбин, Т.Е. Моисеенко, О.Е. Куркина, А.А. Куркин // Сборник трудов Международной научно технической конференции «Информационные системы и технологии» ИСТ-2019. – Н. Новгород: НГТУ, 2019. – С. 964-968.

*Дата поступления
в редакцию: 24.10.2019*

A.S. Epifanova, A.A. Kurkin, O.E. Kurkina, T.E. Moiseenko, A.V. Rybin

ABOUT DEVELOPMENT OF DIGITAL OBSERVATIONS ATLAS OF THE INTERNAL WAVES IN THE WORLD OCEAN

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This article describes the digital observations Atlas of internal waves in the World Ocean.

Design/methodology/approach: The digital observations Atlas of internal waves in the World Ocean includes 29 records from the database of internal waves in the World Ocean, which contains information for the period from 1972 to 2019 from 774 literature sources about 2866 registered manifestations.

Findings: The digital observations Atlas visualizes characteristics of the internal waves. They can be extracted from literature sources images by the expert. The Atlas illustrates such characteristics of the internal waves as mode, type, amplitude, period and polarity in the Black Sea at the moment.

Research limitations/implications: This research opens prospects for further studying of internal waves.

Originality/value: The digital observations Atlas is used for statistical analysis, geographic information systems, web services for ocean research.

Key words: digital observations atlas, internal waves, World ocean, IGWAtlas, database, Black Sea.