Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты: математическая модели онтологии области коллоидной химии (два модуля которой приведены в работе). Предполагается, что такая модель будет использована при создании интеллектуальных систем моделирования, интегрирующих онтологии, знания, данные указанных областей, а также программные системы, предназначенные при решении прикладных задач (в том числе с использованием существующих программных систем).

Литература

- 1. *Cristani M., Cuel R.* A Survey on Ontology Creation Methodologies // In Int. J. on Semantic Web & Information Systems. 2005. № 1 (2). C. 48-68.
- 2. *Jones D., Bench-Capon T. and Visser P.* Methodologies for Ontology Development. URL: http://www.iet.com/Projects/RKF/SME/methodologies-for-ontology-development.pdf
- 3. Артемьева И.Л. Сложно структурированные предметные области. Построение многоуровневых онтологий // Информационные технологии. 2009. № 1. С.16-21.
- 4. Artemieva I.L. Multilevel modular chemistry ontology: structure and management // First Russia Pacific Conf. on Computer Technology and App. 6 9 September, 2010. ISBN: 978-0-9803267-3-4. C. 12-17.
- 5. *Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А.* Коллоидная химия: Учеб. для университетов и химико-технолог. Вузов / 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2004. 445 с.
- 6. *Артемьева И.Л., Клещев А.С.* Необогащенные системы логических соотношений. Часть 1. Научно-техническая информация. 2000. № 7. С. 18-28.
- 7. *Артемьева И.Л., Рештаненко Н.В. Модульная* модель онтологии органической химии // Информатика и системы управления. 2004. № 2 (08). С. 64-68.
- 8. *Артемьева И.Л., Цветников В.А.* Фрагмент онтологии физической химии и его модель // Исследовано в России. 2002. № 3. С. 454-474.

Ontology model of disperse systems and their classes

Irene Leonidovna Artemieva, DSc, Professor

Natalya Valentinovna Ryabchenko, PhD, Researcher

There are two modules of the developed mathematical ontology model of colloid chemistry describing disperse system ontology model in the article. The developed model will be used in creation of intelligent modeling system that integrates ontologies, knowledge and data from different chemistry section.

Keywords: Mathematical modeling; ontology model; development of knowledge-based systems.

УДК 519.6

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ГИДРОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ ЧИЛИЙСКИХ ЦУНАМИ

Артём Александрович Быков, аспирант, Тел.: 8 913 190 77 05, e-mail: oxymoron13@hotmail.com Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет http://ikit.sfu-kras.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Михаил Александрович Курако, ст. преподаватель, Тел.: 8 923 285 67 12, e-mail: mkurako@gmail.com Институт космических и информационных технологий, Сибирский федеральный университет http://ikit.sfu-kras.ru

Константин Васильевич Симонов, профессор, д.т.н, Тел.: 8 913 595 49 02, e-mail: simonovkv@icm.krasn.ru Институт вычислительного моделирования СО РАН http://icm.krasn.ru

Исследование посвящено решению задачи восстановления параметров об источнике цунами на основе данных гидрофизического мониторинга с применением асимптотических формул С.Ю. Доброхотова и численного моделирования цунами в рамках вычислительной технологии MOST. Представлены математическая постановка задачи и вычислительная технология моделирования волн цунами в океане для оценки параметров изучаемых источников цунами. Проведен ряд числительных экспериментов на примере чилийских цунамигенных землетрясений и цунами в 2010-2015 гг.

Ключевые слова: источник цунами, гидрофизический мониторинг, обратная задача, численное моделирование, обработка данных наблюдений.

В последнее время существенно возросло число хозяйственных и экономически важных объектов, располагающихся у побережья морей и океанов, подверженных катастрофическому воздействию волн. Значительная часть этих объектов характеризуется



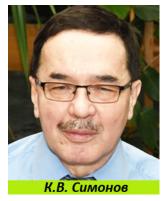
А.А. Быков

высокой степенью риска как в период их возведения, так и в период эксплуатации. Без оперативного функционирования систем раннего оповещения, развитие экономики в подобных регионах снижается, а иногда и вовсе становится невозможным.

В настоящее время системы предупреждения о цунами созданы и функционируют в Российской Федерации и многих странах Тихоокеанского региона: США, Японии, Канаде, Филиппинах, Чили, Французской Полинезии, Австралии и др. Принятие решений об объявлении отмене тревоги об угрозе цунами осуществляется на основе магнитудно-географического критерия и результатов обработки данных инструментальных и

визуальных наблюдений за уровнем моря.

Одним из инструментов для оперативной оценки опасности цунами является возможность проведения численного моделирования генерации и распространения цунами в режиме реального времени. Традиционное численное моделирование распространения волн цунами в открытом океане осуществляется путем решения линейных и нели-



нейных гидродинамических уравнений в двумерном длинноволновом приближении (вычислительная технология MOST), как правило, на основе поршневой модели источника, которая предполагает, что возмущение возникает мгновенно с некоторым вертикально направленным вектором скорости в некоторой области дна океана, создающим начальные колебания поверхности океана.



Предлагается для эффективного решения задачи об источнике цунами и проведения численного моделирования разработка вычислительной методики на основе асимптотических формул и соответствующего алгоритма С.Ю. Доброхотова [1; 2; 3; 4; 5],

способного быстро получать решение поставленной задачи. Обоснование разработанной вычислительной методики для решения обратной задачи предполагает поиск компромисса между точностью вычислений и вычислительными ресурсами.

Показано, что решение задачи об источнике цунами на основе асимптотических формул С.Ю. Доброхотова [1; 2; 3; 4; 5], позволяет выйти на новый уровень и решения задачи оценки опасности цунами. Важным элементом вычислительной методики также является обработка и анализ данных наблюдений о цунами с регистрирующих DART-станций. Оценка параметров источника цунами на основе действующих DART-станций предполагает оценку эффективности их расстановки и, соответственно, качества имеющихся данных в ближней зоне от изучаемого источника цунами.

Таким образом, на основе исследований в работах С.Ю. Доброхотова [1; 2; 3; 4; 5] предлагается вычислительный инструмент (методика) для повышения своевременности и надежности предупреждения об угрозах цунами, путем решения обратной задачи гидрофизического мониторинга и повышения точности оценок параметров источника цунами.

Следуя указанным исследованиям [1–5], при математическом моделировании распространения волн цунами в океане возникает следующая задача:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + div(C^2 u) = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial t} + \nabla \eta = 0, \quad C(x) = \sqrt{g \cdot D(x)},$$

$$x = (x_1, x_2) \in \mathbb{R}^2, \qquad \eta \Big|_{t=0} = \eta^0 \left(\frac{x}{\mu}\right), \qquad \eta_t \Big|_{t=0} = 0 \tag{1}$$

Здесь $\eta(x,t)$ — возвышение свободной поверхности жидкости, D(x) — глубина бассейна, g — ускорение свободного падения, $\eta_0(y)$ —заданная функция, убывающая на бесконечности быстрее, чем $\frac{1}{|y|^{\delta}}$, $\delta > 1$ и локализованная в области характеристического размера μ .

Предполагается, что значение μ мало по сравнению с характеристической длиной интервала, на котором меняется глубина дна и расстоянием до точки наблюдения. В работах [2; 3; 4; 5] получены формулы для асимптотических решений линеаризованной системы уравнений мелкой воды (1). В частности, построенные в [2; 3; 4; 5] асимптотические формулы являются основой для быстрого аналитико-численного алгоритма решения задачи (1). Показано, что с течением времени решение распадается на две части — вихревую и волновую — описывает распространение волны, локализованной в окрестности замкнутой кривой (фронта волны) на плоскости R^2 .

Точка x из окрестности регулярной части волнового фронта Γ_t определяется с помощью двух координат: $\phi(x,t)$ и y(x,t), где $\phi(x,t)$ определяется из условия, что вектор $y=x-X(\phi,t)$ ортогонален вектору скорости фронта Γ_t в точке $X(\phi,t)$, т.е.

$$\langle x - X(\phi, t), X_{\phi}(\phi, t) \rangle = 0.$$
 (2)

В работе [3] показано, что при t>0 в некоторой окрестности волнового фронта Γ_t , не зависящей от μ , и вне некоторой окрестности фокальных точек, асимптотическая формула для возвышения свободной поверхности жидкости η представляется формулой:

$$\eta(x,t) = \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\left|X_{\phi}(\phi,t)\right|}} \sqrt{\frac{C_0}{C(X(\phi,t),t)}} \cdot \operatorname{Re}\left[e^{-\frac{i\pi m}{2}} \cdot F\left(\frac{S(t,x)}{\mu}, n(\phi)\right)\right]_{\phi=\phi(t,x)} + O\left(\mu^{\frac{3}{2}}\right). \quad (3)$$

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Здесь $\eta(t,x)$ — возвышение свободной поверхности жидкости, $X_{\phi}(\phi,t)$ — точка фронта, для которой считаем возвышение, C(x,t) — скорость распространения волны, C_0 — скорость распространения волны в начальный момент времени, μ — малый параметр, m — индекс Морса, $n(\phi) = (\cos\phi, \sin\phi)^T$, $\phi \in [0,2\pi]$.

Функция S(t,x), описывающая расстояние от точки наблюдения до фронта волны, определяется следующим образом [3]:

$$S(t,x) = \sqrt{\frac{D(0)}{D(x(\phi(t,x),t))}} \cdot y. \tag{4}$$

В формуле (4) y — расстояние от точки x, в которой вычисляется возвышение свободной поверхности жидкости до фронта. Функция $F(z,\phi)$, описывающая характер движения волны, имеет вид [3]:

$$F(z,\phi) = \frac{a \cdot e^{i\pi/4}}{2\sqrt{2} \left(\sqrt{b_1^2 \cos^2 \phi + b_2^2 \sin^2 \phi} - iz\right)^{3/2}}.$$
 (5)

Особый интерес представляют области в окрестности точек самопересечения фронта, т.к. в них необходимо считать суперпозицию двух возвышений свободной поверхности жидкости, которые относятся к разным участкам фронта. Соответствующая такой области асимптотическая формула будет иметь следующий вид [3]:

$$\eta(x,t) = \sum_{j} \left\{ \frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{\left|X_{\phi_{j}}(\phi,t)\right|}} \sqrt{\frac{C_{0}}{C(X(\phi_{j},t),t)}} \cdot \operatorname{Re} \left[e^{-\frac{i\pi m_{j}}{2}} \cdot F\left(\frac{S_{j}(t,x)}{\mu}, n(\phi_{j})\right) \right]_{\phi_{j}=\phi_{j}(t,x)} \right\} + O\left(\mu^{\frac{3}{2}}\right). \tag{6}$$

Таким образом, описанные выше асимптотические формулы характеризуют поведение длинных волн при их распространении в определенных расчетных областях, что означает возможность численного моделирования поведения длинных волн типа цунами. Зависимость этих формул от глубины бассейна позволяет моделировать поведение длинных волн типа цунами, основываясь на реальных данных (используя реальную батиметрию дна), что означает возможность получения результата, отвечающего физической природе реального процесса цунами в актуальной задаче — быстрой оценке параметров источника цунами и, соответственно, оценки цунамиопасности для защищаемой береговой зоны.

Выполнен ряд численных экспериментов по моделированию поведения волн цунами в ближней зоне от изучаемых источников на основе данных регистрации волн соответствующей системой DART-станций. В численных экспериментах изучались данные о цунамигенных землетрясениях и цунами в районе побережья Чили в 2010 г., в 2014 г. и в 2015 г. Краткая сводка данных о цунамигенных землетрясениях и ближайших DART-станциях, зарегистрировавших цунами, представлена в таблице.

Таблица Данные об источниках землетрясений и DART-станциях

Дата события	Координаты	Магнитуда	DART-станции
	эпицентра	землетрясения	
27.02.2010	35.846° ю. ш., 72.72° з. д.	8.8	32412 (17.980° ю.ш., 86.330° з.д)
1.04.2014	4.736° ю.ш., 152.558° в.д	8.2	32401 (20.473° ю.ш., 73.429° з.д), 32402 (26.743° ю.ш., 73.983° з.д)
16.09.2015	31.570° ю.ш., 71.654° з.д.	8.3	32401 (20.473° ю.ш., 73.429° з.д), 32402 (26.743° ю.ш., 73.983° з.д)

Данные о местоположении источников цунамигенных землетрясений приведены на рисунке 1. На рисунке 2 показаны мареограммы, записанные регистрирующими DART-станциями во время изменения возвышения свободной поверхности океана для чилийских цунами 2010 (DART 32412), 2014 и 2015 гг. (DART-станции 32401 и 32402), соответственно. На рисунке 3 представлены мареограммы, полученные в результате численных экспериментов, выполненных при помощи расчетов с использованием асимптотических формул для чилийских цунами 2010, 2014 и 2015 гг., соответственно. Расчеты проводились от источника цунамигенного землетрясения к ближайшим DART-станциям (32412, 32401 и 32402). На рисунке 4 приведены расчетные карты-схемы распределения максимальной амплитуды волны в ближней зоне для источников чилийских цунами 2010, 2014 и 2015 гг., соответственно, полученные в рамках численных экспериментов, выполненных при помощи программного комплекса МОST.

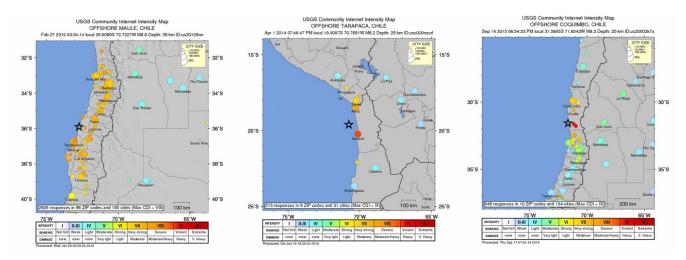


Рис. 1. Расположение цунамигенных землетрясении для чилийских цунами 2010, 2014 и 2015 гг., соответственно

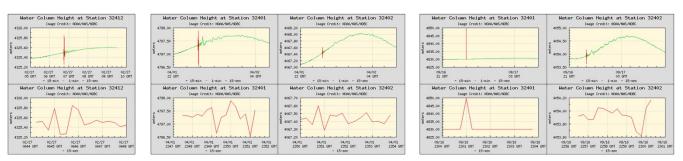


Рис. 2. Мареограммы с записями чилийских цунами с DART-станций

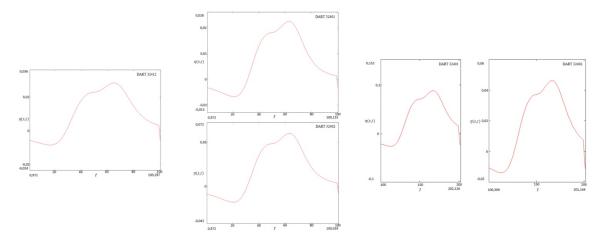


Рис. 3. Расчетные мареограммы для чилийских цунами (2010, 2014, 2015 гг.)

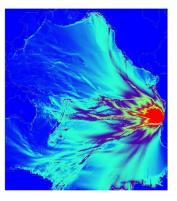






Рис. 4. Расчетные карты распределения максимальной амплитуды для чилийских цунами (2010, 2014, 2015 гг.)

На основе сравнительного анализа расчетных и натурных мареограмм в рамках решения обратной задачи гидрофизического мониторинга цунами, можно сделать следующие выводы. Оценки параметров волны, полученные в результате проведения численных экспериментов на основе асимптотических формул и, соответственно, в источнике цунами, совпадают с данными, полученными с регистрирующих DART-станций, что говорит об адекватности используемой математической модели. На основе полученных данных с различных DART-станций для одного и того же события, можно оценить степень оптимальности их расположения и соответственно качество данных для решения обратной задачи.

Авторы считают, что проведенные исследования чилийских цунами (2010, 2014, 2015 гг.) в рамках разрабатываемой вычислительной методики на основе асимптотических формул С.Ю. Доброхотова и вычислительной технологии МОЅТ показали новые возможности для быстрого решения обратной задачи гидрофизического мониторинга. При этом сравнительный анализ расчетных и натурных мареограмм позволяет скорректировать местоположение и форму первоначального варианта источника цунами. Таким образом, предлагаемый подход предполагает предварительную вычислительную процедуру быстрой коррекции параметров источника цунами с целью повышения точности и надежности оценки опасности цунами на основе существующих вычислительных комплексов численного моделирования цунами в реальных морских акваториях.

Литература

- 1. *Dobrokhotov S.Yu*. Explicit asymptotics for tsunami waves in framework of the piston model / S. Yu. Dobrokhotov, S.Ya. Sekerzh-Zenkovich, B. Tirozzi, B. Volkov // *Russ. Journ. Earth Sciences*. Moscow, 2006. № 8. P. 1-12.
- 2. *Dobrokhotov S.Yu.* Asymptotic description of tsunami waves in a frame of the piston model: the general constructions a explicitly solvable models / S. Yu. Dobrokhotov, S.Ya. Sekerzh-Zenkovich, B. Tirozzi, B. Volkov // Fundamental and Applied Geophysics. − Saint-Petersburg, 2009. № 2. P. 15-29.
- 3. *Dobrokhotov S.Yu*. Asymptotic solutions of the linear shallow-water equations with localized initial data / S.Yu. Dobrokhotov, R. Nekrasov, B. Tirozzi // Journal of Engineering Mathematics. Moscow, 2011. № 69. P. 225-242.
- 4. Доброхотов С.Ю. Асимптотические решения двумерного модельного волнового уравнения с вырождающейся скоростью и локализованными начальными данными / С.Ю. Доброхотов, В.Е. Назайкинский, Б. Тироцци. Москва: МФТИ, Алгебра и анализ, 2010. 230 с.
- 5. *Dobrokhotov, S.Yu.* Localized wave and vortical solutions to linear hyperbolic system and their application to linear shallow water equations / S.Yu. Dobrokhotov, A.I. Shafarevich, B. Tirozzi // Russian Journal of Mathematical Physics. 2008. № 2. P. 192-221.

Solution of the hydrophysical monitoring inverse problem in the context of Chilean tsunamis

Artyom Alexandrovich Bykov, Postgraduate, SFU

Mikhail Alexandrovich Kurako, Senior Teacher, SFU

Konstantin Vasilyevich Simonov, Professor, ICM SB RAS

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

This research is devoted to the solution of the tsunami source parameters recovery problem, based on the hydrophysical monitoring data with the using of S.Y. Dobrokhotov's asymptotic formulae and numerical simulation within the MOST computing technology. A mathematical formulation of the problem and computational technology of the ocean tsunami waves modelling for parameters estimation of the studied tsunami sources are presented. A series of numerical experiments for the Chilean earth*quakes and tsunamis (2010 – 2015) is carried out.*

Keywords – tsunami source, hydrophysical monitoring, inverse problem, numerical simulation, observation data processing.

УДК: 004.04

ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ТРУДЯЩИХСЯ ПО ОТРАСЛЯМ ЭКОНОМИКИ (НА ПРИМЕРЕ г. НОВОКУЗНЕЦКА)

Анна Егоровна Власенко, к.т.н., инженер-математик Тел.: 8 961-716-52-60, e-mail: Vlasenkoanna@inbox.ru Кустовой медицинский информационно-аналитический центр, г. Новокузнецк http://nmiac.ru

Наталья Михайловна Жилина, д.т.н., доцент, профессор кафедры медицинской кибернетики и информатики

Тел.: 8 913 323 31 49, e-mail: zhilina.ngiuv@yandex.ru Hовокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей Mинзdрава $P\Phi$ http://ngiuv.nkz.ru

Проанализирована заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ВУТ) на примере крупного промышленного центра Сибири. Выявлены ее особенности в зависимости от отраслей производственной и непроизводственной сферы экономики, рассмотрены наиболее значимые причины ВУТ.

Ключевые слова: временная утрата трудоспособности, персонифицированные базы данных, статистический анализ, ведущие заболевания, отрасли экономики.

Состояние здоровья населения России должно находятся в центре внимания госу-

дарственных структур и широкой общественности. Стратегический анализ существующего положения в области общественного здоровья и здравоохранения Российской Федерации является основой для формирования приоритетных направлений научно-практических исследований Министерства здравоохранения России. Реальные количественные оценки различных характеристик здоровья населения предопределяют основополагающие направления в определении политики охраны здоровья

и решении стратегических задач рефор-

мирования здравоохранения [1; 2]. Большое практическое значение

имеет анализ заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ВУТ), ибо позволяет судить об уровне, динамике временной нетрудоспособности, ее причинах и определять конкретные меры по ее снижению.

Цель: провести сравнительный анализ показателей заболеваемости с ВУТ (на примере г. Новокузнецка) по отдельным отраслям экономики с выявлением наиболее значимых причин временной утраты трудоспособности.



А.Е. Власенко

Н.М. Жилина