

УДК 550.343:551.46.077

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРИБРЕЖНЫХ РЕГИОНАХ АКВАТОРИЙ

Комаров В.С.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, e-mail: kvs@ocean.ru

На рубеже 20-го века человечество, наконец, уверовало, что Земля не только не плоский диск, но и не шар, а вероятно, земной геонд, больше «похожий на вареное всмятку яйцо с потрескавшейся скорлупой». В то же время геонд Земли в реконструкции без воды океана «неукложе» выглядит, и лишь за счет океана Земля напоминает сферу, и очертания материков и их частей перемешаются и взаимодействуют со скоростью 1,5–2 см/год. То, что мы видим со спутников – привычное расположение материков и литосферных плит. Установлен привычный вид границы и характер их движения. Процессы изменения плит: столкновение спрединга и субдукции. По экватору радиус земли 6370 км, а средняя толщина литосферной плиты имеет толщину порядка 100–180 км. Это первый источник тектонического напряжения. Можно себе представить, какие усилия возникают при взаимодействии «литосферных обломков». То есть условий для возникновения экстремальных напряжений, т.е. землетрясения, вполне достаточно. Это не считая развития и извержения вулканов и внешних астрономических опасностей. В настоящей статье обсуждается возможность использования некоторых разработок ИО РАН в обеспечении прибрежных систем предсказания землетрясений. Рассмотрен комплекс вопросов, связанных с характеристиками предвестников и даны сравнительные оценки целесообразности их использования. Особый интерес представляют выделения газов, регистрация форшоков, и наблюдения за динамикой уровня моря. Задача отслеживания и контроля состояния предвестников жизненно важна для людей, населяющих прибрежные территории. Данная статья рассматривает комплекс прибрежных устройств, позволяющих фиксировать изменения предвестников, как то: изменение газовыделения и изменение уровня моря, квалифицируя их степень опасности. Основные – это время, координаты эпицентра и магнитуда. Величина магнитуды – это степень разгрузки энергии, значит, степень разрушений или интенсивность цунами.

Ключевые слова: магнитуда, предвестники, форшоки, уровнемер, сейсмограф

ON THE POSSIBILITY OF REGISTERING A FORESHOCK IN COASTAL REGIONS OF THE WATERS

Komarov V.S.

Shirhov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: kvs@ocean.ru

At the turn of the 20 century, humanity finally uveroalvo that the earth not only did not drive but not a sphere, but most likely this expanse is similar to a boiled egg soft-boiled with potreskovsheesja shells. At the same time, Earth's geoid rather «clumsily» looks in the reconstruction without ocean water, and the expanse of Ocean Earth resembles a sphere, and shell-continent and parts thereof is used to stir and crawl at speeds of 1.5–2 cm/yr. What we see with satellites is already established in our view border and movement of lithospheric plates. Their changes clash of seafloor spreading and subduction. When the Earth's RADIUS 6370 km on average, average thickness of lithospheric plates have an order of 100–180 km it is the first interest. You can imagine what efforts arise when interacting. That is, conditions for occurrence of extreme voltages i.e. zemljatrsasenij is enough. That's not counting development and volcanic eruptions. This article discusses the possibility of using some of the developments in IO RAS ensuring coastal earthquake prediction systems. Dealt with complex issues involving forerunners characteristics and comparative assessment of the appropriateness of their use. Of particular interest are the gases registration Fort shocks, and monitor trends in sea level. Task tracking and control of precursors is vitally important for people living in coastal areas. This article examines the complex coastal devices enable you to commit changes forerunners, such as changing the gassing and sea level change, their degree of danger. The key this time, epicenter and magnitude. Value of the magnitude of this degree of discharge energy means the degree of damage or tsunami intensity.

Keywords: cejsmograf, magnitude, level gauge, harbingers, forshoki

Землетрясение – одно из самых ужасных природных явлений, когда высвобождается и преобразуется в разрушение огромное количество энергии. Перестраиваются литосферные плиты, изменяются береговые очертания – излюбленные места поселения людей. К настоящему времени известно, что земной «геонд» это не твёрдая сфера, а скорей пластичная капля переменной прочности с твёрдой корой, которая подвержена деформации и внутренним смещениям. Нарастая, деформации приводят к разрушениям границ и сдвигам поверхностных слоёв земли,

а морские землетрясения толкают огромные объёмы воды, генерируя цунами, способные достигать отдалённых берегов.

Понимая, что с этим ничего не поделаешь, остается попытаться научиться, насколько это возможно, предсказывать время и место будущего несчастья, изучая предвестники – явления, связанные с формированием будущего землетрясения, такие как выход в атмосферу газов: радона, метана, сероводорода из напряженных горных пород и их возгорание. Выделяются также гелий, фтор, кремнистая кислота и другие грунто-

вые пары и газы. Особо эффективно свечение выделяющегося радона под действием собственной радиоактивности, который флюоресцирует голубым светом и вызывает флюоресценцию других атмосферных газов, сернистые соединения могут вызывать хемилюминесценцию.

Явление «отката» воды – понижения уровня моря, при наблюдении уреза береговой линии, характеризует приближение волны цунами при отдалённом подводном землетрясении. Отслеживание и измерение уровня моря позволяло с какой-то вероятностью спастись бегством. К настоящему времени разработан ряд поколений устройств уровнемеров механических, пьезоэлектрических, автономных, тросовых донных датчиков и др., которые прямо или опосредовано позволяют отслеживать уровень моря, писать сейсмические волны и строить прогноз.

Есть другие предвестники: аномальное поведение животных, серия слабых землетрясений – форшоков. Это слабые землетрясения, предшествующие основному. Они могут длиться несколько дней и закончиться основным ударом. Это вызвано, видимо, постепенным разрушением напряжённого опорного массива, возникновением «трещин» в месте будущего разлома. Для жителей прибрежных районов, особенно сейсмоопасных территорий, задача отслеживания и контроля предвестников жизненно важна. Данная статья рассматривает аппаратный комплекс погружных устройств, позволяющих фиксировать изменения предвестников, как то: изменение газовыделения и регистрация изменений уровня моря, квалифицируя их степень опасности.

Следует заметить, что уровень моря – это комплексная характеристика и регистрацию изменений целесообразно вести также комплексно на фоне сейсмограммы района, так как уровень моря меняется и не только от сейсмических причин, но и от гидрологических и синоптических. Кроме постоянных приливно-отливных колебаний уровня бывают анемо-барические колебания [1] (т.е. вызванные изменениями атмосферного давления), ветровые нагоны, сейши, тягуны, т.е. все виды длинных волн, которые не имеют сейсмической природы, но с учётом ветра влияют на колебания уровня моря.

Очень важным предвестником является выделение газа над поверхностью земли, хотя его трудно заметить, если он не окрашивается на воздухе и не флюоресцирует. Кроме того, попадая в свободную воздушную среду, он становится её частью и уносится ветром, турбулизируясь, рассеивается. В результате получить достоверные концентрации не

представляется возможным. Даже если получить газосодержащую порцию, то её сразу надо отделить от воздуха и анализировать. Поэтому надо было найти такой способ, который бы удерживал газ в месте выхода для забора пробы, при этом не размывал бы его, как ветер. Подходящим свойством обладает вода. Выходящий из донной поверхности газ растворяется под давлением в морской воде и таким образом не рассеивается, если нет стремительного и бурного течения. Чтобы определить, какой газ растворён и его концентрацию, т.е. количественный выход, надо непрерывно батометром брать герметичные пробы. Процесс малоэффективный, учитывая, что наблюдения надо вести непрерывно месяцами и годами.

Предлагаемое здесь аппаратное решение может быть в комплексном конструкторском исполнении позволить организовать непрерывный дистанционный мониторинг «*in situ*» очень важного предвестника: исходящие газы, из которых многие исследователи считают радиоактивный газ Rn. В работе [2] сделана попытка определить оптически свойства водных растворов, не выделяя газовую фазу.

Однако решение состоит в том, что забор проб необходимо вести постоянно и под водой, в зоне заранее разведанного выхода газов (эксгаляции), и там же осуществлять масс-спектральный анализ смеси выделенных из водного раствора газов при одинаковых термодинамических условиях (давлении, температуре) и анализ состава растворённых газов.

При оценке предвестников, разумеется, нельзя основываться на каком-то одном, даже очень ярком предвестнике, хотя однажды был отмечен и противный случай.

Для надёжности рекомендуется фиксировать и анализировать всю доступную информацию о грядущем событии из других предвестников, даже если она кажется противоречивой. Анализ предвестников должен предсказать: время, место и главное интенсивность – магнитуду землетрясения. Именно она определяет величину преобразования энергии деформации в «разрушения».

На рис. 1 представлен схемный вариант проекта возможной конструкции донной газоаналитической станции на основе масс-спектрометра, размещённого в закольцованной внутренней полости бароустойчивого бокса. Масс-спектрометр снабжён микропроцессором, памятью и световодом из зеркал призм и др. оптических элементов. Для подготовки газовой пробы установлена гидравлическая и термическая арматура (испаритель, гомогенизатор и др.). Всё это оборудование требует энергоснабжения и по-

этому бокс имеет информационно-силовой электроразъём.

В боксе установлены устройства для создания и поддержания термодинамических параметров измеряемой атмосферы близкими к расчётным. Внутреннюю измеряемую атмосферу формируют путём дозированного натекания морской заборной воды через клапан-дозатор с фильтром и испарением на пористом дегазаторе. В результате внутренний объём заполняется газовой смесью из паров воды и растворённых в воде атмосферных газов и газов эксгаляции. Задача анализа – выделить из этой смеси искомые газы-предвестники и их концентрации. Поэтому в бокс заведён кабель питания и связи для микропроцессора и оптики, что позволит вести постоянный дистанционный мониторинг.

Силовая часть его напряжения используется для питания устройств забора пробы клапан-дозатором, морской воды, нагревателя парагаза с вентилятором-гомогенизатором и испарителем-дегазатором. Отработанную (дегазированную) воду необходимо затем снова удалять за борт для приведения внутренней атмосферы в исходное состояние, которую контролирует процессор с помощью датчиков давления и температуры. С этим должны справляться гидроагрегаты: насос конденсата, компрессор парагаза, клапан-водозаборник и клапан сброса. Бокс,

использованный в данной схеме, имеет внутренний закольцованный канал, для организации световода с помощью зеркал и призм, обеспечивая максимальные возможности для оптических измерений. Может использоваться не только масс-спектрометр, но и спектр-анализатор и другая оптика, где длина оптического пути важна.

В этой работе главное – выделить газовые компоненты из морской воды для определения динамики их изменений, сравнивая их с характером сейсмограммы и динамикой изменений уровня моря, которые могут выявить начинающиеся форшоки. Многие авторы, анализируя результаты наблюдений прошедших землетрясений, отмечают среди предвестников повышение концентрации таких газов, как Rn, He, H₂S, F, CH₄, и считают их гидрохимическими предвестниками, особенно радон ввиду его радиоактивности. Однако набор газовых предвестников определяется анализом конкретного места постановки станции. То есть насколько близко станция будет к эпицентру. Потому что именно величина магнитуды и скорость её нарастания определяют интенсивность нарастания внутреннего напряжения, т.е. рост внутреннего давления, «выдавливающего» газ и приводящего к внутреннему разрушению породы. Время развития удара может быть разным и не единственным.

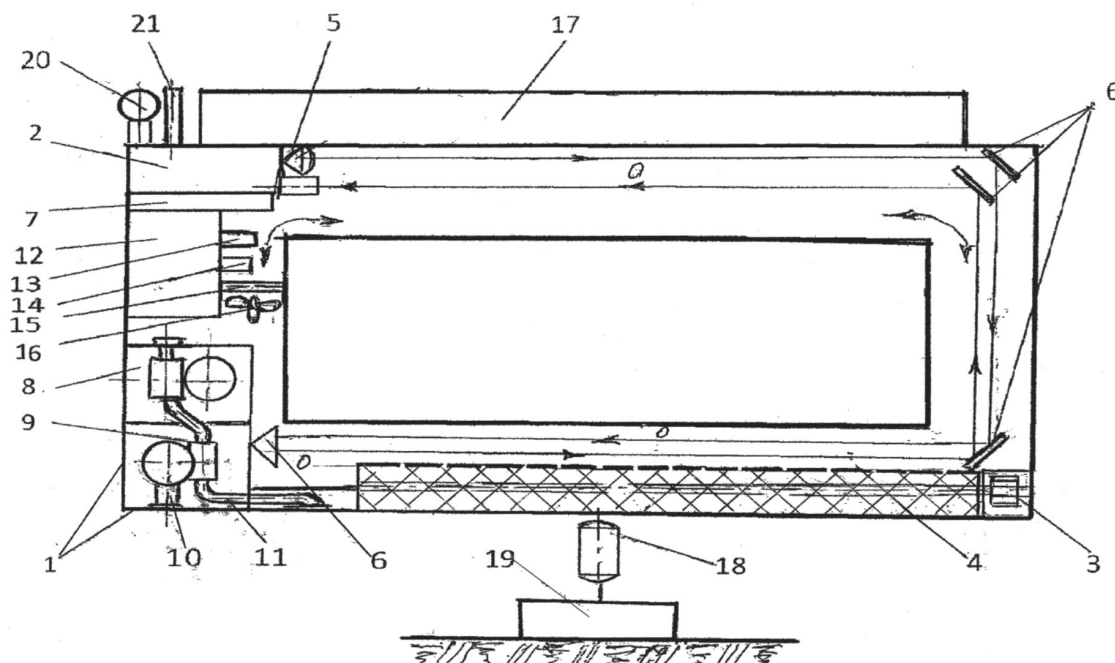


Рис. 1. Разрез схемы донной станции. Здесь: 1 – бароустойчивый бокс; 2, 7 – масс-спектрометр (спектр-анализатор) с микропроцессором; 8–16 – гидро термо арматура; 17 – плавучесть; 18, 19 – гидроакустический размыкатель и якорь; 20, 21 – антенны радио и акустической связи. Схема рис. 1 взята из патента [3]. Кабель и кабельный разъём не показаны

Так как здесь рассматриваются прибрежные сейсмоактивные территории, то контроль-измерение уровня моря, безусловно, необходим не только для промышленных и хозяйственных нужд, но и для обнаружения слабых начальных сейсмических колебаний, подтверждённых изменением уровня моря – форшоки.

Известно много типов измерителей: от поплавковых – механических, электро-механических, пневмо-гидравлических, до вторичных, снабжённых преобразователем с цифровым выходом, что позволяет путём дифференцирования амплитудной записи определить характер изменения уровня моря, исключая высокочастотные флуктуации. То есть рассматривать только длинноволновые колебания уровня моря, вызванные нагонами, сейшми, тягунами, приливами и цунами.

Сегодня приборостроение на основе микроэлектроники позволяет делать датчики давления не только высокой точности, но с температурной компенсацией, снабжённые электроникой, аналоговым преобразователем и прочным корпусом, что позволяет ставить его прямо на донный грунт или в основание портового сооружения. Зная глубину места h и z – координата глубины-установки датчика, то давление по глубине определится известной формулой

$$P_h = g \int^h \rho(z) dz, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения; $\rho(z)$ – распределение плотности воды по вертикали. Размещать уровнемеры на больших глубинах нет особой нужды, на десятках метров несжимаемая вода не меняется, то давление на глубине h будет вычисляться по формуле

$$P_h = \rho g h, \quad (2)$$

а глубина моря будет

$$h = P_h / (\rho g). \quad (3)$$

Однако волнение моря любой природы может оказывать влияние на давление измеряемое датчиком и вносить погрешность. С той точки зрения целесообразно заглублять датчик, так как с ростом глубины происходит затухание высокочастотной составляющей давления, поэтому амплитуды ветровых волн затухают с глубиной. В работе [4] получена зависимость передаточной функции такого вида для диссипации по глубине:

$$\delta P_z / \delta P_b = [ch(2\pi Z/L)]^{-1}, \quad (4)$$

где L – длина волны, δP_b – флуктуация давления у поверхности; δP_z – её значение на горизонте – датчика – Z . Отсюда видно, чем больше глубина – Z и короче волны, тем больше затухание. Максимальное затухание

на предельной глубине, однако надо помнить о том, что систематическая погрешность датчика зависит от величины его шкалы измерений. Необходимо, чтобы собственная погрешность датчика не была больше погрешности от волновых колебаний.

В Институте океанологии РАН разработан вариант прямого измерения уровня моря, позволяющего избавиться от высокочастотных волновых флуктуаций и с высокой точностью регистрировать небольшие изменения уровня вызванные форшоками, тогда как все предыдущие варианты уровнемеров основывались на измерении какой-либо физической величины (давления, водоизмещения и т.п.) с последующим пересчётом во вторичном преобразователе в величину уровня моря, что и создавало погрешности. На рис. 1 схема такого уровнемера. Сущность разработки в том, что отсутствуют механизмы и их погрешности вторичных преобразователей, кроме того, отгорожено влияние моря – нет волновых искажений в зоне измерения, так как измерения производят в отдельном вертикальном сосуде-демпфере, герметично установленном на морском дне в бетонное основание «О».

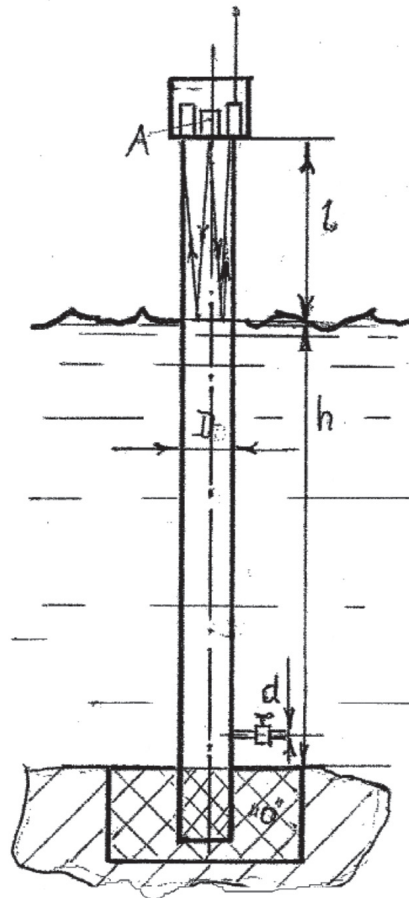


Рис. 2. Автономный уровнемер прямого измерения

Демпфер D образует с поверхностью моря через дроссель (канал малого сечения – d) на глубине h) сообщающиеся сосуды. При этом $d \ll D$, это значит, что дросселирование уменьшает высокочастотные искажения уровня с коэффициентом дросселирования, который равен отношению площадей, а заглубление дросселя уменьшает передаточную функцию волнового давления, как показано в (4). В результате в демпфере образуется «зеркало» спокойной воды на уровне моря. Измерения выполняют радиолокационным или лазерным датчиком, установленным на верхнем опорном фланце демпфера, который является измерительной базой и координируется геодезической службой относительно земного геоида в системе ПЗ-90.02. Приёмно-передающая антенна датчика устанавливается на фланце – на базе и излучает вдоль оси и перпендикулярно «зеркалу», которое также вдоль оси отражает излучение на апертуру антенны. В результате датчик измеряет величину l -уровня моря от базы. Конструктивные параметры уровнемера, учитывая формулы (1)–(4), легко определяются из соотношения натекания из дросселя и колебаний уровня задачей уровнемера, гидрологическими параметрами, синоптическими свойствами акватории. Конструктивные параметры: D – диаметр сечения демпфера, d – диаметр сечения дросселя и его заглубление h связаны с гидрофизическими параметрами формулой скорости изменения уровня в демпфере $\delta\lambda/\delta\tau$ под влиянием градиента волнового давления, которая должна быть

меньше скорости $\delta s/\delta\tau$ изменения уровня моря под влиянием приливно-отливных явлений, явлений цунами, сейшей и нагонов известных гидрологических величин для данной акватории [5]:

$$\frac{\delta\lambda}{\delta\tau} = \mu \left(\frac{d}{D} \right)^2 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho c h \left(\frac{2\pi h}{L} \right)}} \leq \frac{\delta s}{\delta\tau}, \quad (5)$$

где μ – коэффициент гидравлического сопротивления выбранного дросселя (справочная величина) и ρ – плотность воды. Важно, чтобы уровнемер не принимал волновые наводки за форшоки и был достаточно чувствительным, чтобы не пропускать слабые толчки.

Анализ сейсмограмм концентрации газов донной станции и записей уровнемера позволяют надеяться на предупредительный результат.

Список литературы

1. Лабзовский Н.А. Непериодические колебания уровня моря. – Л.: Гидрометиздат, 1971.
2. Пустовойт В.И., Утяков Л.Л., Левченко Д.Г., Розман Б.Я., Шехватов Б.В., Деревнин В.А., Тимошенко В.В. Донная гидрохимическая станция с радиометрическим каналом. Труды III Международной научно-технической конференции «Современные методы и средства океанологических исследований», ИОРАН, М, 1997. – С.157–158.
3. Пат. №2345331. Российская Федерация, МПК G01J 3/00/ Газоаналитическая донная станция «in situ» измерений / Комаров В.С., Серых В.А. Бюл. № 3, 27.01.09.
4. Степанюк И.А. Океанологические измерительные преобразователи. – Л.: Гидрометиздат, 1986.
5. Комаров В.С., Пат.№2447409.Российская Федерация. МПК G01F 23/28; Локационный уровнемер / Бюл. № 10.