

И.С.Подымов, Т.М.Подымова

Южное отделение Института океанологии им.П.П.Ширшова РАН, г.Геленджик

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГИДРОГЕОДЕФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ ПО ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДОНА ИЗ ГРУНТА

Приведена краткая информация о гидрогеодеформационном поле (ГГД-поле) Земли. На основании проведенных исследований предложена версия мониторинга состояния ГГД-поля по интенсивности эманиации радона из недр с целью прогноза экстремальных сейсмических событий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *ГГД-поле, сейсмические события, тектонические структуры, предсказание землетрясений, объемная активность радона, Таманский полуостров, гидрогеосфера.*

Поиск надежных предвестников экстремальных сейсмических событий занимает человеческие умы на протяжении длительного времени. Существующие сейсмопрогностические разработки сильно отличаются по физическим возможностям, доступности реализации и достоверности прогнозов. Среди известных подходов к решаемой проблеме заметное место принадлежит гидрогеологическому методу, в основу которого легло свойство несжимаемости грунтовых вод. Некая жидкая, несжимаемая, высокочувствительная субстанция воспринимает всевозможные стрессы, происходящие с твердыми породами земной толщи.

Многолетние исследования особенностей функционирования подземной гидросферы позволили в 1982 г. сделать открытие о существовании в недрах Земли гидрогеодеформационного поля (ГГД-поле) [1], изменение состояния которого диктуют процессы эволюции напряженно-деформированного состояния земной коры, развивающиеся в реальном времени в пределах всех геологических сооружений.

Общие положения. Открытие ГГД-поля указывало на то, что гидрогеосфера чувствительно реагирует на изменения напряженного состояния недр, в которых постоянно возникают короткоживущие структуры деформаций. Развитие этих структур закономерно связано с протекающими в недрах Земли геодинамическими (а в некоторых случаях и техногенными) процессами. Совокупное действие всех факторов формирует глобально функционирующее поле напряжений-деформаций. При их активизации характер ГГД-поля подстраивается под активные в данный отрезок времени тектонические структуры. В местах, где в период геодинамической активности деформации превышают предел длительной прочности пород, происходят подвижки тектонических плит и землетрясения. Их интенсивность зависит от уровня и характера геодинамической активности, площади накопления напряжений, скорости протекания процессов, особенностей геологического и тектонического строения гипоцентральных зон и ряда других факторов.

Развитие ГГД-поля носит глобальный характер. При назревании крупных землетрясений возмущения в нем охватывают площади в удалении многих

тысяч километров от эпицентра. Период подготовки возмущений может составлять от 0,5 до 1,5 года до возникновения катастрофического события. Возмущения ГГД-поля также охватывают обширные площади после произошедшего события. ГГД-поле имеет большое разнообразие форм и размеров короткоживущих структур деформаций, возникающих и разрушающихся в пределах ареала наблюдений в течение суток – месяцев, граничащих друг с другом, замещающих друг друга, видоизменяющих общий рисунок поля напряжений за короткие интервалы времени. В асейсмические периоды характер ГГД-поля имеет хаотический, быстро меняющийся рисунок. По мере «созревания» сильного землетрясения хаос сменяется упорядоченностью, формированием устойчивых во времени и в пространстве структур сжатия и растяжения. После разрядки сейсмической энергии фиксируется разрушение существовавшей структуры ГГД-поля и восстановление структурного хаоса.

Согласно теории упругой отдачи Рейда [2], «...после «срыва» заземленных друг с другом крыльев сейсмогенного разлома и следующего за ним землетрясения требуется некоторый временной интервал для накопления новых напряжений, способных превысить предел длительной прочности пород и привести к очередному нарушению связности массива...».

Этот интервал, показатель «созревания» землетрясения, – является относительно стабильной величиной при характерных для региона темпах тектонических движений.

Мониторинг состояния ГГД-поля позволяет (по меньшей мере) зафиксировать многие особенности изменения напряженного состояния недр. На основе анализа получаемых данных принимается решение о характере развития геодинамической обстановки, оценивается степень ее опасности с позиции возможных сейсмических событий. Классический метод мониторинга состояния ГГД-поля – измерение в реальном времени ряда параметров грунтовых вод в специально пробуренных скважинах.

Натурные исследования. Краткие сведения о ГГД-поле приведены с целью представления закономерностей геодинамических процессов, происходящих в земной толще. Задачи натурального эксперимента, ориентированные на исследование взаимодействия экосистем региона и населения в аспекте современной проблемы экологической безопасности Азово-Черноморского побережья России, возникли после неординарного геологического события, произошедшего на Таманском п-ове в 2011 г. В ночь с 29 на 30 апреля в районе м.Каменный произошло высокоамплитудное неотектоническое поднятие участка дна Азовского моря с захватом береговой полосы (рис.1). Длина поднятия составила 475 м, максимальная ширина обнажившегося морского дна 65 м. Амплитуда поднятия морского дна более 5 м [3]. В месте произошедшего события поверхность Азовского моря была покрыта белой пеной.

Наблюдения показали, что подъем морского дна обусловлен деформацией антиклинальной складки, т.к. поднятие было сложено из коренных пород, а не из продуктов извержения грязевого вулкана. Породы подверглись значительным деформациям и залегали под углом до 70° , как на поверхности поднятия, так и в абразионном уступе (рис.2).

Сейсмические разрезы на подводном продолжении поднятия, выполненные сотрудниками Южморгеологии, зафиксировали аномалии, связанные



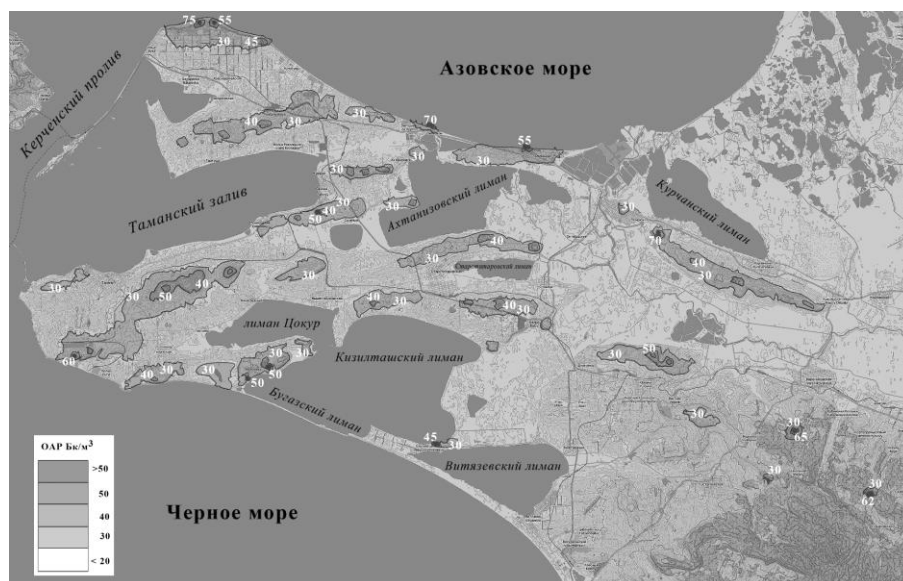
Р и с . 1 . Фрагмент поверхности поднявшегося дна Азовского моря (май, 2011 г.).



Р и с . 2 . Фрагмент поднятия морского дна Азовского моря по урезу береговой линии (май, 2011 г.).

с миграцией глубинных флюидов. Флюидизация разреза подтвердилась высокими значениями эманации радона из недр. Замеры объемной активности радона (ОАР) в подпочвенном воздухе в районе поднятия показали значения до 80000 Бк/м^3 (при допустимой безопасной величине 150 Бк/м^3). Результаты анализов данных обзорных исследований предопределили дальнейшую программу натуральных экспериментов.

Территория Таманского п-ова густонаселенна. Чтобы обезопасить население полуострова от возможного радиационного воздействия дочерними продуктами распада радона, было принято решение провести исследования радонового потенциала обитаемых территорий полуострова. Исследования



Р и с . 3 . Карта распределения объемной активности радона над поверхностью исследованной территории Таманского п-ова.

производились методом индикации естественных признаков проявления природных процессов. Для проведения лабораторных анализов осуществлялся отбор проб грунта, воды и брекчии. В процессе исследований использовалось современное высокоточное навигационное, радиометрическое и лабораторное оборудование, картографическое (лицензионное) программное обеспечение с топографическими картами.

Радоновое картирование территории Таманского п-ова выполнено экспресс-методом расчета ОАР по суммарной объемной активности дочерних продуктов распада изотопов радона [4]. Результаты натурных исследований представлены в виде карты распределения ОАР над поверхностью Таманского п-ова (рис.3).

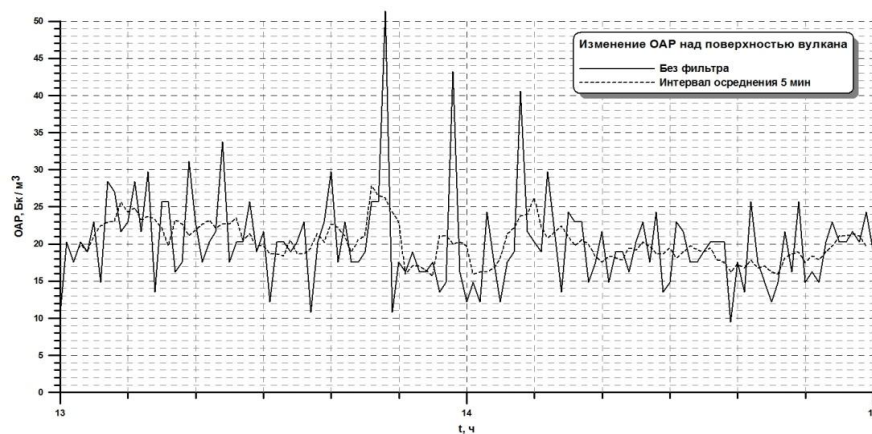
2-х часовые наблюдения за изменением ОАР над поверхностью активного вулкана (рис.4) позволили выделить 10 – 12 минутные циклы, в пределах которых активность радона от минимума к максимуму изменяется в 5 раз (рис.5).

Качественно этот график очень сильно напоминает график колебаний уровня грунтовых вод в скважинах (рис.6), оборудованных для классического мониторинга состояния ГГД-поля [5]. На рис.6 по оси ординат отложены значения относительного уровня грунтовых вод в скважинах – параметр k , который равен отношению величины h_i (уровень грунтовых вод на текущий момент) к среднегодовому значению уровня грунтовых вод h_0 .

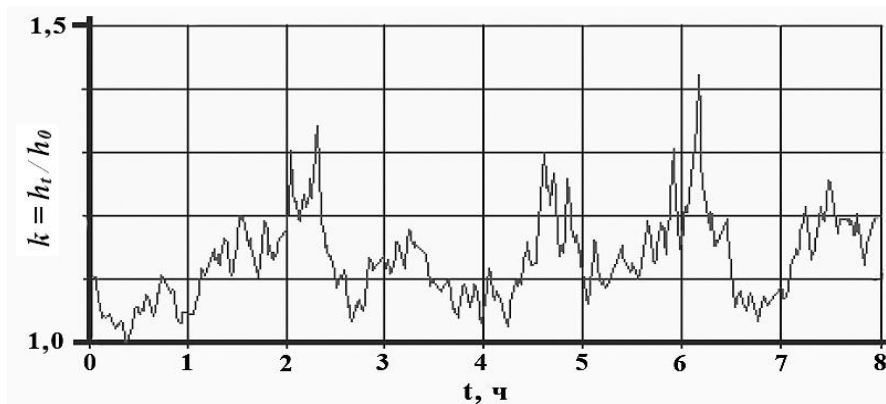
Исследование закономерностей функционирования ГГД-поля, связанных с геодинамическими процессами, – одна из наиболее сложных задач современности в плане краткосрочных прогнозов разрушительных сейсмических событий. Поскольку кратеры грязевых вулканов представляют собой естественные скважины, мы осмелились сделать предположение, что изменения ОАР над ними отражают высокочастотные колебания состояния ГГД-поля.



Р и с . 4 . Активный грязевой вулкан на горе Карабетка, над поверхностью которого производилась 2-х часовая запись изменения ОАР.



Р и с . 5 . График изменения ОАР над поверхностью вулкана.



Р и с . 6 . Пример графика колебаний относительного уровня грунтовых вод в скважинах, оборудованных для мониторинга ГГД-поля.

Результаты натуральных исследований. Карта распределения ОАР над поверхностью Таманского п-ова (рис.3) показывает, что изолинии повышенной концентрации радона сосредоточены вдоль антиклиналей исследованной территории. В численном выражении среднестатистические данные таковы:

– в «спокойный» период для 80 % территорий Тамани значения ОАР лежат в пределах 12 – 20 Бк/м³;

– в зонах тектонических нарушения значения ОАР поднимаются до 100 Бк/м³;

– во время экстремальных событий (как пример, вышеупомянутое высокоамплитудное неотектоническое поднятие участка морского дна Азовского моря) в некоторых местах (пос.Приазовский, Радоновое озеро) ОАР превышает 10000 Бк/м³.

Частотные характеристики изменения ОАР над поверхностью кратеров активных грязевых вулканов похожи на характеристики изменения параметров грунтовых вод в скважинах классического мониторинга состояния ГГД-поля.

Мониторинг территории неотектонического поднятия позволил рассчитать показатель «созревания» землетрясений для Таманского п-ова. Он составил, примерно, 35 – 40 лет [3].

Выводы. Построенная карта распределения ОАР над поверхностью Таманского п-ова позволит правильно выбрать места для ведения безопасной хозяйственной деятельности в регионе.

Возможно, мониторинг ОАР в реальном времени над поверхностями активных грязевых вулканов и антиклинальных складок позволит набрать статистику изменений ОАР и увязать ее с последующими экстремальными ситуациями. В случае положительных результатов метод может служить доступной альтернативой классическому методу мониторинга состояния ГГД-поля.

Исследования проводятся в рамках проектов РФФ 14-17-00547, 14-50-00095 и РФФИ 13-05-96508 р_юг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вартамян Г.С., Куликов Г.В.* Гидрогеодеформационное поле Земли // Доклады АН СССР.– 1982.– 262, 2.– С.310-314.
2. *Reid H.F.* The elastic-rebound theory of earthquakes // University of California Publ. Geol. Sci.– 1911.– 6.– P.413-444.
3. *Igor Podymov, Tatiana Podymova.* Anomalous Natural Phenomenon at the Coastal Zone of Azov Sea / Proceedings of the Global Congress on ICM: Lessons Learned to Address New Challenges, EMECS 10 – Medcoast 2013 Joint Conference (Turkey, Marmaris, 30 Oct – 03 Nov 2013 year).– Ankara: Bizim Dijital Matbaa, 2013.– 1.– P.655-664.
4. *Подымов И.С., Подымова Т.М.* Экспресс-метод исследований объемной активности радона над поверхностью обитаемых территорий / Научно-практическая конференция «Пути решения проблемы сохранения и восстановления пляжей Крымского полуострова» (Севастополь, 16-18 сентября 2015 г.).– Севастополь: МГИ РАН, 2015.– С.68-69.
5. Методическое указание по ведению гидрогеодеформационного мониторинга для целей сейсмопрогноза (система R-STEPS).– М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000.– 77 с.

Материал поступил в редакцию 26.10.2015 г.

I.S.Podymov, T.M.Podymova

**HYDRO-GEO-DEFORMATION FIELD MONITORING DATA BASED
ON THE FLUX DENSITY OF RADON FROM THE GROUND**

The fill-in to the hydro-geo-deformation field (HGD-field) of Earth's crust is given. Based on field investigations there are proposed the monitoring method of the hydro-geo-deformation field data by the intensity of radon emanation. These surveys are carrying out for short-term prediction of extreme seismic events.

KEYWORDS: HGD-field, seismic events, tectonic structures, earthquake forecast, volume activity of radon, Taman Peninsula, hydrogeosphere.