

**РАЗВЕРНУТЫЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ ЗА 2013 ГОД ПО ПРОЕКТУ РФФИ
№ 13-05-96508 р_юг_а С ИЛЛЮСТРАЦИЯМИ И ФОРМУЛАМИ**

Форма 503. РАЗВЕРНУТЫЙ НАУЧНЫЙ ОТЧЕТ

3.1. Номер проекта

13-05-96508

3.2. Название проекта

Исследование и мониторинг грязевого вулканизма Тамани в аспекте современной проблемы экологической безопасности Азово-Черноморского побережья России.

3.3. Коды классификатора, соответствующие содержанию фактически проделанной работы

05-524 05-713 05-740

3.4. Объявленные ранее цели проекта на 2013 год

Подбор из архивных материалов информации о грязевых вулканах, аномальных зонах и геологической структуре региона и использование ее как отправной точки для проведения исследований.

Поиск, фиксация и картографирования местоположения грязевых вулканов и аномальных зон с помощью современного навигационного оборудования.

Отбор проб брекчии в местах исследований.

Минералогический анализ проб.

Составление карт по материалам проведенных исследований с нанесением точных привязок к координатам.

Разработка структуры тематического раздела в Глобальной сети, тестирование работы и наполнение ресурсов материалами исследований.

3.5. Степень выполнения поставленных в проекте задач

Все поставленные задачи проекта выполнены полностью.

3.6. Полученные важнейшие результаты

В 2013 году подобрана литература по Таманскому полуострову более чем за 50 лет.

За время экспедиционных исследований и сбора материалов обследована обширная область региона, как на суше, так и под водой. Протяженность маршрутов перемещений по суше превышает 3000 км. Протяженность маршрутов морских исследований, во время которых производился отбор проб донных отложений, составила, примерно, 50 км. Все маршруты перемещений зафиксированы с помощью навигационного оборудования. Треки перемещений нанесены на карты и записаны в цифровом виде с целью переноса на другое навигационное оборудование и в картографические программы вычислительных систем. Координаты мест отбора проб также фиксировались. Схематически треки всех маршрутов 2013 года показаны на рис. 1.



а)



б)

**Рис. 1. Треки маршрутов по Таманскому полуострову за время экспедиций 2013 года:
а – сухопутные, б – морские.**

Зафиксированы координаты нескольких десятков грязевых вулканов, записаны треки доступа к ним, а также размеры сопочных полей нескольких крупных вулканов. В процессе исследований результаты заносились в рабочий дневник. Фрагмент дневника с координатами некоторых грязевых вулканов Тамани приведен в Таблице 1.

Таблица 1. Координаты местоположения некоторых грязевых вулканов Тамани по результатам исследований 2013 года.

№ п/п	Название вулкана	Координаты по навигатору	
		Широта, N	Долгота, E
1	Азовская (Голубая) сопка	45.3570113	37.0992614
2	Азовское Пекло, сопочное поле 1	45.4318548	36.9222704
3	Азовское Пекло, сопочное поле 2	45.4302022	36.9243518
4	Азовское Пекло, погребенный кратер	45.4307292	36.9235203
5	Азовское Пекло, озеро	45.4324872	36.9228229
6	Азовское Пекло, подводный	45.4527741	36.9428242
7	Ахиллеон	45.4373376	36.7824281
8	Ахтанизовская сопка	45.3121043	37.0819692
9	Белый хутор	45.175608	37.293747
10	Богатырь	45.356922222	37.108444444
11	Благовещенский	45.0601054	37.1587712
12	Благовещенский 2	45.0621235	37.1655991
13	Богуазский	45.1188036	36.8975619
14	Бориса и Глеба	45.2822632	37.113415
15	Воеводина могила	45.1501557	36.7441365
16	Восполиточино	45.32288	37.2067773
17	Восточные Цимбалы (гора)	45.3093112	37.050649
18	Высокие могилы (Вышестеблиевский)	45.1880787	37.067045
19	Гирляная (гора)	45.1498553	37.2164377
20	Гладковский, сопочное поле	45.0056225	37.7235854
21	Гнилая гора, сопочное поле	45.2516207	37.435825
22	Голубицкий (морской)	45.3350776	37.263836
23	Голубицкий (озеро)	45.3301789	37.263042
24	Горелая	45.3370912	36.8139625
25	Гостагаевский	44.9875519	37.5552034
26	Дубовый рынок	45.241561	37.2708047
27	Западные Цимбалы	45.3088835	37.0311977
28	Зеленского	45.1470201	36.6911203
29	Камышеватая	45.1876695	37.2259122
30	Карabetка, центр сопочного поля	45.2039613	36.7876074

№ п/п	Название вулкана	Координаты по навигатору	
		Широта, N	Долгота, E
31	Карabetка, старые сопки	45.2021772	36.7825863
32	Карabetка, центральный кратер	45.2045963	36.7848608
33	Карabetка, центр озера	45.2061383	36.7891953
34	Карabetка, кратер рядом с озером	45.2054429	36.7876503
35	Карabetка, извержение 2002 г.	45.2030844	36.7879507
36	Карabetка, заболоченность	45.2029937	36.790354
37	Карabetка, сопка выше кошары	45.1999282	36.7933205
38	Карabetка, выход грязи 1 рядом с сопкой	45.2011826	36.7946925
39	Карabetка, выход грязи 2 рядом с сопкой	45.2013754	36.7957976
40	Карabetка, выход грязи на западе	45.198737	36.7814156
41	Карabetка, 2 точки выхода грязи на востоке	45.1992189	36.807146
42	Карabetка, точка с грязью	45.1901008	36.7647644
43	Киевский	45.0630793	37.863243
44	Комендантская	45.2117167	36.8287096
45	Костенкова могила	45.1477457	36.7243204
46	Красный октябрь	45.180347222	37.637744444
47	Курчанский	45.2031581	37.5239596
48	Макотра	45.1448759	36.9747877
49	Миска	45.2758117	37.3890419
50	Педенкова	45.3776315	37.0062987
51	Поливадина	45.1389429	36.9399405
52	Приазовский (погребенный)	45.4464757	36.8268844
53	Пужайка (погребенный)	45.2370646	37.0969784
54	Пучина (озеро)	45.312641	37.0424844
55	Радоновое озеро	45.4475332	36.8340566
56	Разнокольский	45.144280556	37.417716667
57	Северо-Ахтанизовский (сопочное поле)	45.326727	37.1234039
58	Северо-нефтяной	45.2507388	37.2014106
59	Семигорский, сопочное поле	44.9011117	37.597488
60	Семигорский 2	44.8996246	37.6040769
61	Сенной, карьер-озеро	45.305587	37.0007076
62	Симоненко	45.1408674	37.4271172
63	Сопка	45.3246537	37.1719193
64	Стрельчанская	45.197328	37.325951
65	Темрюкский (морской)	45.3777382193	37.2008923386
66	Тиздар	45.3590854	37.0837073
67	Тиздар (морской)	45.3661824	37.0876336
68	Фигура (гора)	45.228311	37.4786706
69	Хутора Таманский	45.1733475	36.7389374
70	Черноморское Пекло	45.1181072	36.7786726
71	Чиркова (гора)	45.2190554	36.871759
72	Чушка (Блевака)	45.3540682	36.7140385
73	Шапсугский	44.7272996	38.0717405
74	Шапурский, сопочное поле	45.2691915	36.960693
75	Шапурский, синклиналь	45.2692888	36.9625542
76	Шапурский, центральная сопка	45.269216	36.9616291
77	Шапурский, западное поле	45.269167	36.9595477
78	Школьный	45.0283277	37.5853336
79	Шуго, сопочное поле	45.070225	37.6113206
80	Южно-нефтяной	45.1894313	37.1834368
81	Яновский (гора)	45.2785377	37.0377553

На протяжении последующих исследований список и названия вулканов будут дополняться и корректироваться. Также будут введены графы их классификации по состоянию на время наблюдений, наличия иллюстраций и т.п. Пример записи треков сопочного поля центральной сопки вулкана Карabetка показан на рис. 2.



Рис. 2. Пример записи треков сопочного поля центральной сопки вулкана гора Карабетка.

Физико-химические свойства сопочных грязей некоторых вулканов приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Физико-химические свойства сопочных грязей некоторых вулканов.

Показатели	Грязевые вулканы		
	Ахтанизовская сопка	Азовская сопка	вулкан Шуго
<i>Физические свойства грязи</i>			
Цвет	серый	серо-голубой	серо-голубой
Удельный вес, г/см ³	1,49	1,49	1,62
Сопротивление сдвигу, дин/см ²	2400	3800	2800
Теплоемкость, кал/г • °С	0,61	0,52	0,53
Засоренность частицами размером более 0,25 мм, %	0,30	0,59	1,26
рН	7,5	8,6	7,8
Окислительно-восстановительный потенциал (Eh), мВ	-90	-80	-100
<i>Кристаллический скелет (твердая фаза), %</i>			
Гипс	0,14	-	0,17
CaCO ₃	3,83	4,3	4,54
MgCO ₃	1,62	1,18	2,04
Глинистый остов	29,38	42,52	36,58
Силикатные частицы:			
более 0,25 мм	следы	0,04	следы
0,1-0,01 мм	9,18	33,52	14,18
0,01-0,001 мм	10,20	8,72	22,40
Сумма	34,97	48,00	43,33
<i>Гидрофильный коллоидный комплекс, %</i>			
SiO ₂	7,60	3,72	0,91
H ₂ S	0,011	0,012	0,005
FeS	0,03	0,03	0,01
Продукты разрушения 10% HCl:			
FeA	2,32	2,11	2,24
Al ₂ O ₃	2,36	3,76	2,58
SiO ₂	0,34	0,70	0,18
Углерод	0,20	0,20	0,12

Показатели	Грязевые вулканы		
	Ахтанизовская сопка	Азовская сопка	вулкан Шуго
Органич. вещества (по Кноппу)	0,34	0,34	0,20
Поглощенные ионы	0,94	0,78	0,50
<i>Состав грязевого раствора</i>			
Растворенные соли, %	0,82	1,16	0,91
Катионы, г/л:			
Натрий + калий	5,05	5,79	7,29
Магний	0,10	0,009	0,10
Кальций	0,029	0,010	0,049
Сумма	5,179	5,809	7,439
Анионы, г/л:			
Хлор	4,07	5,39	9,19
Бром	0,017	0,12	0,068
Йод	0,044	0,012	0,010
SO ₄	0,48	0,81	0,095
HCO ₃	2,44	2,75	2,07
CO ₃	1,92	1,02	0,96
Сумма	8,971	10,102	12,393

Химический анализ грязи на наличие тяжелых металлов пока не проводился, но анализ цветовых спектров брекчии выявил наличие сульфида ртути в выбросах некоторых вулканов, приуроченных к вдольбереговому тектоническому разлому на Азовском море (рис. 3).



Рис. 3. Сопка грязевого вулкана Азовское пекло, выделенный пурпурный цвет в цветовом спектре изображения и RGB-спектры изображения.

За время экспедиционных исследований отобраны пробы брекчии, воды и твердых компонентов грунта на предмет исследований заражений радоном.

Предыстория радоновых измерений. В 2011 году, когда произошла природная аномалия, в месте выхода на поверхность морского дна поверхность моря была покрыта белой пеной. А спустя полгода мы наблюдали, как вдоль прибрежной полосы длиной 20 км рыба выбрасывалась на берег. Берег был усеян толстым слоем мертвой рыбы. Фрагмент такого

берега у мыса Каменный показан на рис. 4. Черные камни на рис. 4, – это обкатанные волнами куски спрессованной брекчии, поднявшейся на поверхность после произошедшей 29 апреля 2011 года природной аномалии.



Рис. 4. Мертвая рыба на берегу Азовского моря. Ноябрь, 2011 г.

К сожалению, мысль о возможном радоновом загрязнении пришла гораздо позже... Радон – радиоактивный газ, который генерирует радий. При распаде радона образуются не газообразные радиоактивные изотопы Полония 218 и Свинца 210, называемые «активным налетом». Они, в свою очередь, являются альфа, бета и гамма излучателями. Радон идеально растворим в воде. Если в организм попадает вода (или пища) зараженная радоном, биологический организм погибает. Повышенная концентрация радона в воздухе вызывает ожог легких «активным налетом», что может привести к онкологическим заболеваниям.

К сожалению, механизм разрушения биологических организмов растворенным радоном слабо изучен. Как, впрочем, программа радоновых исследований в целом в России находится в зачаточном состоянии.

Кроме того, радон является индикатором наличия тектонических разломов, проникающих на глубины превышающие десятки километров. Мониторинг радонового фона в некоторых странах используется для предсказания землетрясений.

Программа радонового контроля наиболее развита в США. По этой причине там был заказан прибор для замера концентраций радона. На основе этого прибора был изготовлен лабораторный стенд, в котором и производился анализ отобранных в экспедициях проб.

При лабораторных анализах оценка концентрации радона произведена не в абсолютных единицах, а в относительных. Минимальное его содержание в пробе принято за 1. Относительно минимального содержания сделаны расчеты для других проб. Распределение концентрации радона в отобранных пробах показало, что максимальное его содержание (18 относительных единиц) приходится на оконечность мыса Каменный и на Радоновое озеро

(рис. 5). Этот факт подтверждает наличие здесь глубинного тектонического разлома.



Рис. 5. Схема распределения относительной концентрации радона в пробах, отобранных в разных местах Таманского полуострова.

Возникло предположение о небезопасности ведения хозяйственной деятельности в этом регионе. Если перевести относительную концентрацию радона в абсолютную, то она в сотни раз превышает ПДК. Для подтверждения достоверности этого факта необходимо привязать показания использованного для анализа прибора к эталону. Эту работу планируется провести в следующем году.

Из-за слишком медленного процесса анализа проб на радон проведено ограниченное количество анализов. Но дальнейшие исследования радонового загрязнения Таманского полуострова будут продолжены. В США заказан второй прибор для замера концентраций радона, на основе которого будет изготовлен еще один лабораторный стенд.

Предполагается провести радоновые исследования всего Таманского полуострова, построить изолинии распределения радона по поверхности полуострова и на основании этого выработать рекомендации по безопасной хозяйственной деятельности в регионе.

Результаты исследований будут публиковаться на страницах разработанных Интернет-ресурсов.

Результаты 2-х летних наблюдений за уровнем возвышения оконечности мыса Каменный позволили описать вертикальные перемещения тектонической плиты в разные промежутки времени (рис. 6) и примерно определить ось разворота плиты после событий 2011 года.

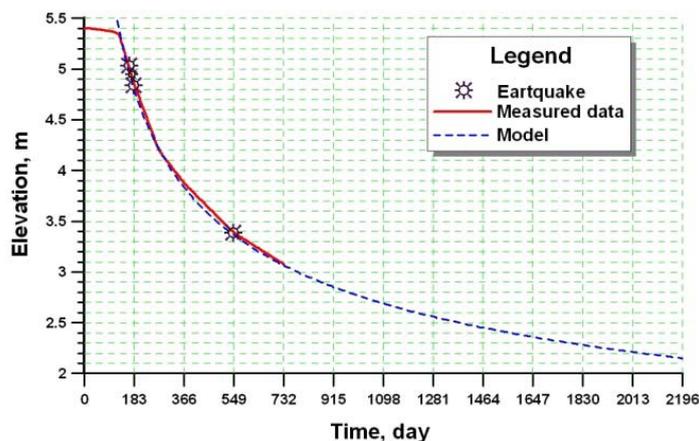


Рис. 6. Изменение возвышения оконечности мыса Каменный относительно поверхности моря: непрерывная линия – результаты мониторинга; пунктирная – модель.

Из рисунка видно, что на протяжении первых 4-х месяцев после подъема плиты скорость ее проседания была достаточно низкой: около 3 см/мес. Затем скорость проседания увеличилась до 20 – 25 см/мес. В это время в регионе произошли 3 небольших землетрясения. В последующие месяцы скорость снижалась.

Аппроксимация данных мониторинга позволила получить математическую зависимость изменения возвышения оконечности мыса над поверхностью моря. Уравнение имеет вид:

$$\ln(Y) = -0.3228030356 \cdot \ln(X) + 2.146247748,$$

где Y – возвышение над поверхностью моря; X – время, дни.

По модели рассчитано время возвращения плиты в исходное состояние. Оно составило, примерно, 37 лет.

В то же время мониторинг береговой зоны показал, что под воздействием природных факторов (волнение, ветер, обледенение и т.п.) происходит отступление вновь образовавшегося берега со скоростью 10 – 15 метров в год (рис. 7). К концу 2014 года «вновь образовавшаяся земля» исчезнет с лица земли.



Рис. 7. Фрагмент разрушающегося берега мыса Каменный по состоянию на 29.04.2013.

Для представления результатов исследований в Глобальной сети разработана структура тематического раздела и произведено ее тестирование в режиме offline. В ближайшее время

она будет размещена в сети на собственных ресурсах для открытого доступа в виде домена высшего уровня.

3.7. Степень новизны полученных результатов

Все результаты, полученные в процессе работ по проекту, являются новыми.

Известно, что тектонические плиты высших порядков подвержены активному перемещению. Мигрируют места выходов грязи на поверхность. Часть вулканов переходит в статус погребенных. Образуются новые кратеры. Последние детальные исследования по аналогичной теме проводились на Таманском полуострове в 1986 году. Отсутствие в то время мобильного навигационного оборудования не позволило получить точной привязки исследуемых мест. В настоящее время делается попытка исправить существующее положение. Фиксируются координаты наиболее значимых мест.

Исследования на радоновые загрязнения полуострова не проводились вообще. А это важный фактор в безопасности ведения хозяйственной деятельности региона.

Фиксирование в брекции сульфида ртути (киновари) ставит еще один очень важный вопрос перед исследователями: не является ли загрязнение вод Азовского моря солями ртути природным фактором? Раньше считалось, что причина многократного превышения ПДК ртути в водах Азовского моря носит антропогенный характер.

Некоторые результаты исследований по Таманскому полуострову докладывались в 2013 году на конференциях MEDCOAST-2013 и Иркутск-2013.

3.8. Сопоставление полученных результатов с мировым уровнем

Все полученные результаты соответствуют мировому уровню исследований подобной тематики. Используемые методы и подходы соответствуют мировым стандартам, что обеспечено использованием современных средств и технологий проведения натуральных исследований.

3.9. Методы и подходы, использованные в ходе выполнения проекта

Для проведения экспедиционных исследований использовалось следующее оборудование: экспедиционный автомобиль, катер, водолазное снаряжение; навигаторы (рис. 8) Garmin 62stc, Pioneer PM-751, GP-E2; кинофотооборудование.

Назначение каждого навигационного прибора было следующим:

Pioneer PM-751 – навигация в процессе перемещения по заложенным трекам, запись текущих навигационных треков.

Garmin 62stc – запись текущих навигационных треков и данных альтиметрии в процессе перемещения по маршрутам исследований. Коррекция спутниковой альтиметрии по данным барометрических измерений.

GP-E2 – запись текущих навигационных треков; запись в метаданные файлов фото-видео

съемок координат места съемки и направления съемки из зафиксированной точки.



Рис. 8. Навигационное оборудование, которое использовалось в 2013 году для проведения натурных исследований: а) Garmin 62 stc; б) Pioneer PM-751; в) GP-E2; г) пример фиксирования трека, точки и направления съемки с помощью навигатора GP-E2.

Обработка данных навигации осуществлялась с помощью специализированного программного обеспечения: Expert GPS Pro, GP-E2 map utility, SAS Planet, IGo My way.

Для проведения анализов на радон проб, отобранных во время экспедиционных исследований, изготовлен специальный стенд (рис. 9).

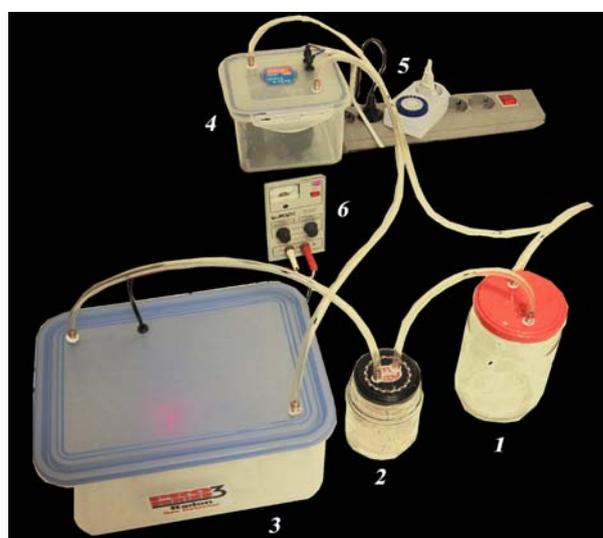


Рис. 9. Лабораторный стенд, для проведения анализов проб на радон.

Здесь:

- 1 – контейнер для пробы;
- 2 – осушитель;
- 3 – емкость замера концентрации радона;
- 4 – циркуляционный насос;
- 5 – таймер управления насосом;
- 6 – блок питания детектора радона.

В качестве индикатора радона использовался сцинтилляционный детектор американского производства марки Pro Series3 Radon Gas Detector HS71512 (рис. 10).

Еще один стенд изготовлен специально для проведения замеров радонового фона на месте исследований (рис. 11). В качестве индикатора радона использован тот же прибор Pro Series3 Radon Gas Detector HS71512. Прибор имеет встроенный процессор, память и дисплей, что позволяет фиксировать его показания в процессе измерений.



Рис. 10. Индикатор радона Pro Series3 Radon Gas Detector HS71512.



Рис. 11. Стенд для проведения замеров радонового фона на месте исследований.

3.10.1.1. Количество научных работ, опубликованных в ходе выполнения проекта

3

3.10.1.2. Из них включенных в перечень ВАК

0

3.10.1.3. Из них включенных в системы цитирования (*Web of Science, Scopus, Web of Knowledge, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef*)

0

3.10.2. Количество научных работ, подготовленных в ходе выполнения проекта и принятых к печати в 2013 году

3

3.11. Участие в научных мероприятиях по тематике проекта, которые проводились при финансовой поддержке министерства образования и науки Краснодарского края

0

3.12. Участие в экспедициях по тематике проекта, которые проводились при финансовой поддержке министерства образования и науки Краснодарского края

2

3.13. Финансовые средства, полученные от министерства образования и науки Краснодарского края

200000.00

3.14. Адреса (полностью) ресурсов в Интернете, подготовленных авторами по данному проекту, например, <http://www.somewhere.ru/mypub.html> (если адресов несколько – для них последовательно заполняются подпункты 3.15.1; 3.15.2 и т.д.)

<http://www.coastdyn.ru/index.html>

<http://coastdyn.ru/e-lib/art2013-p15.pdf>

3.15. Библиографический список всех публикаций по проекту за весь период выполнения проекта, предшествующий данному отчету, в порядке значимости: монографии, статьи в научных изданиях, тезисы докладов и материалы съездов, конференций и т.д. (например, к отчету за второй год выполнения проекта – список публикаций за два года, к отчету за третий год выполнения проекта – список за три года)

Подымов И.С., Подымова Т.М. Результаты мониторинга аномального состояния прибрежной зоны Таманского полуострова. В книге: «Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ». Институт земной коры СО РАН. Иркутск, 2013, с. 239-245. ISBN 978-5-902754-79-4

Igor Podymov, Tatiana Podymova. Anomalous Natural Phenomenon at the Coastal Zone of Azov Sea. In book: Global Congress on ICM. Lessons Learned to Address New Challenges. Proceedings of EMECS 10 Medcoast 2013 Joint Conference. Bizim Dijital Matbaa, Ankara, Turkey, 2013, Vol. 1, p. 655-664. ISBN 978-605-85652-0-3

Igor Podymov, Tatiana Podymova. Results of Monitoring of the Taman Peninsula Coastal Zone. Электронная публикация. <http://coastdyn.ru/e-lib/art2013-p15.pdf>

3.16. Приоритетное направление развития науки, технологий и техники РФ, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта (указать номер пункта по Приложению или «не очевидно»)
рациональное природопользование

3.17. Критическая технология РФ, которой, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта (указать номер пункта по Приложению или «не очевидно»)
Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения

3.18. Основное направление технологической модернизации экономики России, которому, по мнению исполнителей, соответствуют результаты данного проекта (указать номер пункта по Приложению или «не очевидно»)
не очевидно

Подпись руководителя проекта