УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

КРЫМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА имени В. И. ВЕРНАДСКОГО. ГЕОГРАФИЯ. ГЕОЛОГИЯ

Научный журнал

Том 5 (71). № 4

Журнал «Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология» является историческим правопреемником журнала «Ученые записки Таврического университета», который издается с 1918 г.

Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского
Симферополь, 2019

ISSN 2413-1717
Свидетельство о регистрации СМИ – ПИ №ФС77 – 61806 от 18 мая 2015 года
Выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
Печатается по решению Научно-технического совета
ФГАОУ ВО «КФУ им. В. И. Вернадского», протокол № 9 от «25» декабря 2019 г.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, группа научных специальностей 25.00.00. Науки о Земле, дата включения – 12.07.2017 по группам специальностей: 25.00.01 – Общая и региональная геология (геолого-минералогические науки), 25.00.03 – Геотектоника и геодинамика (геолого-минералогические науки); 25.00.08 – Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение (географические науки); 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых (геолого-минералогические науки); 25.00.23 – Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов (географические науки); 25.00.24 – Экономическая, социальная, политическая и рекреационная география (географические науки); 25.00.25 – Геоморфология и эволюционная география (географические науки); 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология (географические науки); 25.00.33 – Картография (географические науки); 25.00.25 – Геоинформатика (географические науки); 25.00.36 – Геоэкология (по отраслям) (географические науки), а также в систему «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ)

Редакционная коллегия журнала «Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология» (утверждена решением Научно-технического совета Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, протокол №1 от «05» марта 2018 г.)

Главный редактор – Вахрушев Борис Александрович, д. г. н., профессор

Амеличев Г.Н., к. г. н., доцент
Баранов П.Н., д.г.-м.н., д.г.н., профессор (Украина)
Боков В.А., д. г. н., профессор
Вольфман Ю.М., к. г.-м. н.
Воронин И.Н., д. г. н., профессор
Дружинин А.Г., д. г. н., профессор
Ергина Е.И., д. г. н., профессор
Ибрагимов А. И. Оглы, д.г.н, профессор (Турция)
Кочуров Б.И., д.г.н., профессор
Линник В.Г., д.г.н, с.н.с.
Лисецкий Ф.Н., д.г.н., профессор
Никитина М.Г., д. г. н., д. э. н., профессор
Округин В.М., к.г.-м-.н., с.н.с.
Пасынков А.А., д. г. н.
Плохих Р.В., д.г.н., доцент (Казахстан)
Позаченюк Е.А., д. г. н., профессор
Попкова Л.И., д. г. н., доцент
Пустовитенко Б.Г., д. ф.-м. н., с.н.с.
Райко Гнято, д.г.н., профессор (Республика Srбская)
Совга Е.Е., д.г.н., с.н.с.
Скребец Г.Н., к. г. н., доцент
Старожилов В.Т., д.г.н., профессор
Страчкова Н.В., к. г. н., доцент (ответственный секретарь)
Танжу Тосун, доктор политологии (Турция)
Холопцев А.В., д. г. н., профессор
Шаповалов Ю.Б., д.г.-м.н., с.н.с.
Шаров Н.В., д.г.-м.н., профессор
Швец А.Б., к. г. н., доцент
Яковенко И.М., д. г. н., профессор

Технический секретарь – Челомова А.А.

Подписано в печать 23.12.2019. Формат 70х100 1/16 Объем 10,8 усл. п. л. Заказ № ___.
Цена свободная Тираж 50 экз. Дата выхода в свет __.12.2019
Отпечатано в управлении редакционно-издательской деятельности ФГАОУ ВО «КФУ имени В. И. Вернадского» 295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7 http://sn-geography.cfuv.ru

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный пятый специальный выпуск журнала является продолжением научно-методического и справочно-аналитического сборника «Сейсмологический бюллетень Украины», издаваемого ежегодно по результатам сейсмического мониторинга, начиная с 1991 года. Ранее, с момента основания в 1970 г., сборник выходил под названием «Сейсмологический бюллетень западной территориальной зоны единой системы сейсмических наблюдений СССР».

В настоящем выпуске журнала представлена подробная информация обо всех зарегистрированных сейсмических событиях, произошедших в 2018 г. на территории Крымско-Черноморского и Карпатского регионов, генетически связанных между собой геодинамическими процессами. Приведены каталоги и подробные данные о землетрясениях исследуемой территории, даны общие характеристики сейсмичности регионов за 2018 г.

Крымско-Черноморский регион в 2018 году характеризовался повышенной сейсмической активностью. За год зарегистрировано 100 местных землетрясений, пять из которых были ощутимыми. Наиболее сильное землетрясение, произошедшее в восточной части Крыма 24 апреля с Mw=3.8, ощущалось на Черноморском побережье Кавказа интенсивностью до I=5 *баллов* (в п. Супсех). Для двух ощутимых землетрясений 24 апреля и 13 сентября 2018 г. собраны и обработаны макросейсмические данные о сейсмических воздействиях, представленные в отдельной статье.

Для землетрясений Крымско-Черноморского региона приведены спектральные и динамические параметры очагов 9 землетрясений, восстановленные по записям объемных сейсмических волн на семи региональных станциях Крыма.

В Карпатском регионе в 2018 году зарегистрировано 48 землетрясений, три из которых относятся к ощутимым. Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия была выше уровня предыдущего 2017 года почти в 5 раз. Повышенная сейсмическая активность наблюдалась в Закарпатье и в глубокофокусной зоне Вранча.

Впервые за последние 15 лет представлены материалы по гидрогеодинамическому мониторингу, возрожденному в 2018 г. на Крымском полуострове. Описаны пути совершенствования системы сейсмического мониторинга для поиска предвестниковых явлений активизации сейсмической обстановки в регионе.

Помимо результатов сейсмического мониторинга за 2018 год в этом номере журнала представлена статья научно-методического характера по разработке алгоритма аналитического решения уравнения прямых волн для оценки параметров гипоцентров местных землетрясений.

Редколлегия

Принятые сокращения
названий сейсмических станций в соответствии со стандартом
International Registry of Seismograph Stations
International Seismological Centre (ISC)

Сейсмические станции Крымской сети		**Сейсмические станции Молдовы**	
Алушта	KIS	Алушта	KIS
Феодосия	LEOM	Феодосия	LEOM
Судак	SORM	Судак	SORM
Севастополь	GIUM	Севастополь	GIUM
Симферополь	MILM	Симферополь	MILM
Ялта		Ялта	
Тарханкут		Тарханкут	
Донузлав			Донузлав

Сейсмические станции Карпатской сети		**ЦОМЭ ГС РАН на Северном Кавказе**	
BERU	Берегово	BERU	Берегово
BRIU	Брид	BRIU	Брид
CHRU	Черновцы	CHRU	Черновцы
HOLU	Холмец	HOLU	Холмец
HORU	Городок	HORU	Городок
KMPU	Каменец-Подольский	KMPU	Каменец-Подольский
KORU	Королево	KORU	Королево
KSV	Косов	KSV	Косов
LVV	Львов	LVV	Львов
MEZ	Межгорье	MEZ	Межгорье
MORS	Моршин	MORS	Моршин
MUKU	Мукачево	MUKU	Мукачево
NSLU	Нижнее Селище	NSLU	
NDNU	Новоднестровск	NDNU	Новоднестровск
RAK	Рахов	RAK	Рахов
SHIU	Схидныця	SHIU	Схидныця
STNU	Старуня	STNU	Старуня
TRSU	Тросник	TRSU	Тросник
UZH	Ужгород	UZH	Ужгород
STBU	Стебник	STBU	Стебник
PNT3	Стебник (временная)	PNT3	Стебник (временная)
STZU	Стужица	STZU	Стужица

Встречающиеся в тексте сборника сокращения названий других сейсмических станций также соответствуют стандартным обозначениям **ISC.**

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

A	–	амплитуда смещения почвы, измеренная по горизонтальной (N-S, E-W) и вертикальной (Z) составляющим, *мкм*
Az	–	азимут направления с эпицентра на станцию, определенный по координатам эпицентра, *град*
E	–	сейсмическая энергия, *Дж*
D		длительность записи колебаний от момента вступления продольной волны до полного прекращения колебаний, *с*
i, e	–	индексы четкости определения фаз (i – четко, e – нечетко)
h	–	глубина очага, *км*
I_k	–	интенсивность землетрясения в пункте k в баллах по шкале MSK-64
I_{max}	–	максимальная интенсивность сотрясений
$К_П$	–	энергетический класс землетрясения по номограмме Пустовитенко
$К_Р$	–	энергетический класс землетрясения по номограмме Раутиан
KD	–	энергетический класс землетрясения, определенный по длительности записи (D)
MLH	–	магнитуда, определенная по горизонтальным составляющим поверхностной волны по среднепериодной аппаратуре
ML	–	локальная магнитуда
MD		магнитуда, определенная по длительности колебаний (D)
MPV	–	магнитуда, определенная по вертикальной составляющей продольных волн
mb	–	магнитуда, определенная по вертикальной составляющей продольных волн короткопериодного канала
MSH	–	магнитуда, определенная по горизонтальной составляющей поперечных волн (S)
MSM	–	магнитуда, определенная в максимальной фазе поперечной волны по Молдавской сети сейсмических станций
Mw	–	магнитуда, определенная по значению сейсмического момента
Mc	–	магнитуда, определенная по сейсмической коде
n	–	число данных, участвовавших в усреднении
$O(t_0)$	–	момент возникновения землетрясения (время по Гринвичу)
Pg, Sg	–	времена вступлений прямых продольных и поперечных волн
P, S (Pn, Sn)	–	времена вступлений головных или рефрагированных волн
Pgm, Sgm, Pnm, Snm, Pm, Sm	–	времена вступлений максимальных фаз продольных и поперечных волн

(P), (S)	–	неуверенное определение типа волны
S-P	–	разность времен пробега поперечных и продольных волн, *с*
T	–	период колебания волны, *с*
α	–	азимут направления на эпицентр, определенный по амплитудам первых вступлений волн, *град*
Δ	–	эпицентральное расстояние, *км*
δh	–	погрешность определения глубины очага, *км*
δK	–	погрешность определения энергетического класса землетрясения
δt_0	–	погрешность определения времени возникновения землетрясения, *с*
δφ, δλ	–	погрешности определения координат эпицентра, *град*
φ° N, λ° E	–	географические координаты эпицентра землетрясения, *град*
A	–	амплитуда смещения почвы, измеренная по горизонтальной (N-S, E-W) и вертикальной (Z) составляющим, *мкм*
Az	–	азимут направления с эпицентра на станцию, определенный по координатам эпицентра, *град*
E	–	сейсмическая энергия, *Дж*

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 7–75.

РАЗДЕЛ 1.

ГЕОФИЗИКА И СЕЙСМОЛОГИЯ

УДК 550.348.435

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2018 ГОДУ

Калинюк И. В., Свидлова В. А., Бондарь М. Н.

Институт сейсмологии и геодинамики ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация
E-mail: seismosilver1@mail.ru

Крымская сеть станций пополнилась пунктом «Донузлав 2». По наблюдениям на восьми станциях описаны особенности сейсмичности Крымско-Черноморского региона в 2018 г. Приведены: параметры действующей на сейсмических станциях сейсмометрической аппаратуры; карты представительной регистрации землетрясений и эпицентров; каталог, таблицы и графики распределения числа землетрясений и энергетических параметров по годам и районам региона. Показано, что 2018 год характеризовался усилением сейсмической активности. Всего за год локализовано 100 землетрясений. Суммарная выделенная сейсмическая энергия возросла в 2.77 раза, но она меньше среднегодового значения энергии за предыдущий 10-летний период. В Ялтинском районе отмечено ощутимое землетрясение с $K_П$=10.5, *MSH*=3.5. Даны сведения о макросейсмическом эффекте четырех землетрясений с $K_П$=8.7–11.0 в восточной части региона.
***Ключевые слова*:** сейсмичность, сейсмическая станция, эпицентр, гипоцентр, энергетический класс.

ВВЕДЕНИЕ

В 2018 году инструментальный мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе выполнялся сетью из шести стационарных сейсмических станций ГО ИСГ: «Симферополь» (SIM), «Севастополь» (SEV), «Ялта» (YAL), «Алушта» (ALU), «Судак» (SUDU), «Феодосия» (FEO) и двух пунктов – «Тарханкут» (TARU), «Донузлав-2» (DNZ2). Расположение станций показано на Рис. 1.

Новый пункт наблюдений «Донузлав-2» (DNZ2), открытый совместно с ГАУ РК «КЭС» в п. Веселовка, начал непрерывную регистрацию сейсмических колебаний с 26.07.2018 года.

Ранее северо-западнее оз. Донузлав в 1984 г. был создан скважинный пункт высокочувствительных наблюдений «Донузлав», который функционировал до августа 1993 г. [1].

На всех станциях сети цифровая регистрация ведется в непрерывном режиме. В региональный центр сбора информации в Симферополе записи наблюдений со стационарных станций передаются по e-mail, с периферийных пунктов наблюдений скачиваются через удаленный доступ.

Круглосуточные дежурства сотрудников проводятся на центральной станции «Симферополь» и опорной станции «Ялта», наиболее близко расположенной к зоне возможного сильного землетрясения. Срочные донесения обо всех местных землетрясениях энергетического уровня $K_П$>9 и ощутимых в населенных пунктах Крыма передаются на станцию «Симферополь» посредством телефонной связи и e-mail.

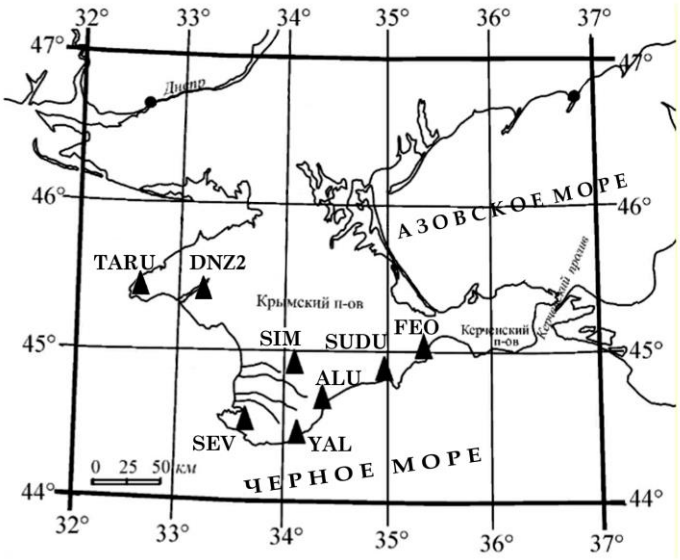


Рис. 1. Крымская сеть сейсмических станций в 2018 г.

1. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ

Общие сведения о станциях приведены в таблице 1, а данные о регистрирующей аппаратуре по состоянию на 2018 год – в таблицах 2, 3.

Таблица 1.

Сейсмические станции Крыма (в хронологии их открытия), работавшие в 2018 г.

№	Станция			Дата открытия	Начало цифровой регистрации	Координаты			Подпочва
	Название	Код				φ°, N	λ°, E	h_y, *м*	
		межд.	рег.						
1	«Феодосия»	FEO	Фдс	11.10.1927	06.09.2006	45.02	35.39	40	мергелистая глина
2	«Ялта»	YAL	Ялт	13.03.1928	05.07.2000	44.48	34.15	23.6	шиферные сланцы
3	«Симферополь»	SIM	Смф	14.05.1928	25.06.2000	44.95	34.12	275	нуммулитовый известняк
4	«Севастополь»	SEV	Свс	28.06.1928	03.09.2006	44.54	33.68	42	суглинки
5	«Алушта»	ALU	Алш	03.10.1951	19.07.2006	44.68	34.40	61	глинистые сланцы
6	«Судак»	SUDU	Суд	18.10.1988	29.07.2006	44.89	35.00	108	глинистые сланцы
7	«Тарханкут»	TARU	TARU	11.07.2012	11.07.2012	45.38	32.53	0	известняк
8	«Донузлав-2»	DNZ2	Днз2	26.07.2019	26.07.2018	45.37	33.21	0	известняк

Все сейсмические станции Крыма оборудованы цифровой регистрирующей аппаратурой с различными техническими характеристиками. На региональных станциях «Севастополь» – SEV, «Алушта» – ALU, «Судак» – SUDU, «Феодосия» – FEO продолжают функционировать 12-разрядные ЦСС MSP (табл. 2).

Таблица 2.

Основные параметры ЦСС MSP Крыма в 2018 г.

Станция	Тип датчика	Группа каналов (каналы)	Частотный диапазон, *Гц*	Частота квантования, *Гц*	Разрядность АЦП	Амплитудный динамический диапазон	Дата начала регистрации
«Севастополь»	СКМ-3	(N, E, Z)	0.2–10	64	12	70	20.08.2006 г.
«Судак»	СКМ-3	(N, E, Z)	0.2–10	64	12	70	15.10.2006 г.
«Алушта»	СКМ-3	(N, E, Z)	0.2–10	64	12	70	12.07.2006 г.
«Феодосия»	ВЭГИК	(N, E)	0.2–10	64	12	70	03.09.2006 г.
	СКМ-3	(Z)	0.2–10	64	12	70	

Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) короткопериодных ЦСС MSP показаны на рисунке 2.

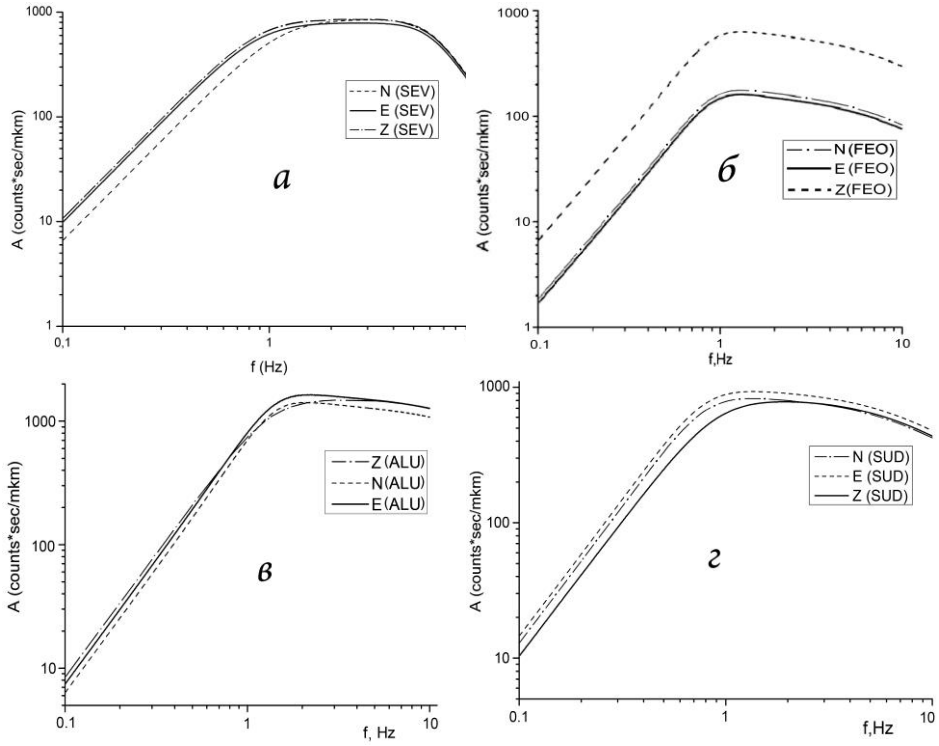


Рис. 2. Калибровочные кривые MSP: *а* – с/ст «Севастополь»; *б* – с/ст «Феодосия»; *в* – с/ст « «Алушта»»; *г* – с/ст «Судак».

Как отмечалось неоднократно, основным недостатком цифровых регистраторов MSP [2] является малый динамический диапазон, не позволяющий воспроизвести

колебания, соответствующие максимальным амплитудам сильных землетрясений. Вместе с тем, записи этой аппаратурой ценны для анализа волновой картины фоновых землетрясений с магнитудой $M<2$, промышленных и морских взрывов. Также важна оценка преемственности определения динамических параметров землетрясений, зарегистрированных разными типами цифровой аппаратуры.

Пять станций Крыма оборудованы широкополосной аппаратурой с большим динамическим диапазоном – ЦРСС «Байкал-8» [3], параметры которых приведены в таблице 3. Сейсмические данные периферийных ЦСС «Байкал» используются при сводной обработке в режиме онлайн.

Таблица 3.

Основные параметры цифровых сейсмических станций «БАЙКАЛ-8»

Станция/код межд./код рег.	Тип датчика	Каналы	Частотный диапазон, *Гц*/ Частота квантования, *Гц*	Динамический диапазон, дБ/ Разрядность АЦП, бит	Чувствительность, 10^6 отсч.× *с*/*м*	Дата начала регистрации
1	2	3	4	5	6	
«Севастополь» / SEV/ SE1	СХ	EHZ	0.1 – 20/100	132/24	9191	21.06. 2016
		EHN			8353	
		EHE			10030	
«Симферополь» /SIM/SIM	СКД	BHZ	0.01 – 4/100	132/24	3543	1.04. 2016
		BHN			3423	
		BHE			3755	
	СМ-3	EHZ	0.1 – 20/100		16818	1.04. 2016
		EHN			17880	
		EHE			17795	
«Тарханкут» /TARU /TARU	СМ-3	BHN	0.1 – 25/100	132/24	19072	07.07. 2017
		BHE			19220	
		EHE			20079	
«Ялта» /YAL/YAL	СХ	EHZ	0.1 – 20/100	132/24	9282	13.04. 2016
		EHN			8002	
		EHE			7439	
	СКД	BHZ	0.01 – 4/100	132/24	4230	21.04. 2016
		BHN			5448	
		BHE			5363	
«Донузлав-2» /DNZ2/DNZ2	СМ-3	EHZ	0.1 – 20/100	132/24	7859	26.07. 2018
		EHN			6670	
		EHE			7024	

Амплитудно-частотные характеристики различных каналов регистратора «БАЙКАЛ-8» показаны на рис. 3. Установку, техническое обслуживание и

калибровку сейсмических станций типа «Байкал» проводили ведущий инженер Панков Ф.Н. и инженер 1 категории Бойко В.А. Эти станции работают синхронно, точность привязки по GPS к времени UTS не более 5 *мкс*.

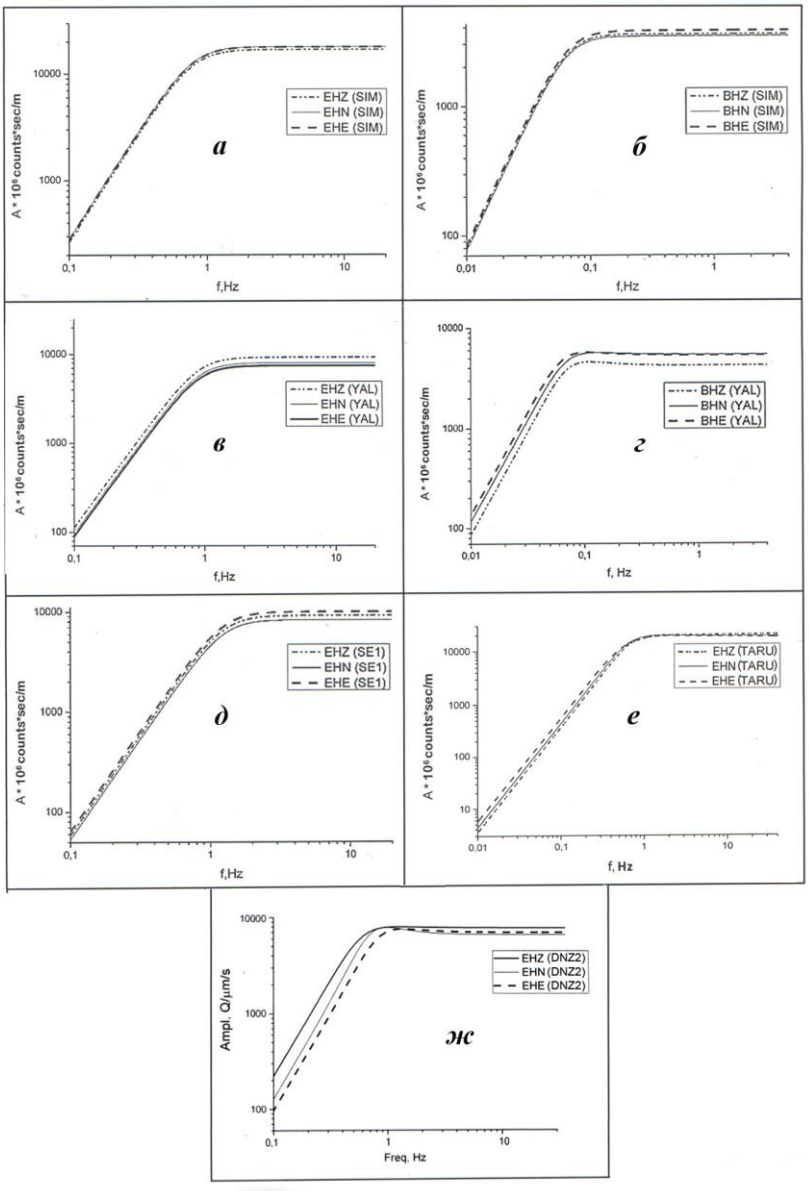


Рис. 3. Калибровочные кривые ЦСС «Байкал»: *а* – «SIM» EH; *б* – «SIM» BH; *в* – «YAL» EH; *г* – «YAL» BH; *д* – «SE1»; *е* – «TARU»; *ж* – «DNZ2».

Для всех цифровых сейсмических станций, на которых установлен регистратор «Байкал», рассчитаны АЧХ в комплексном виде (в полюсах и нулях), что позволяет

выполнить в программе WSG функцию «симулирование» записей приборов KIRNOS, ВЭГИК, СКМ.

2. АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Уровень представительной регистрации, обеспечиваемый вышеописанной сетью, изменяется от K_{min}=7 до K_{min}=9. Хотя на пункте «Донузлав 2» наблюдения велись только четыре месяца, построена обновленная карта энергетической представительности K_{min} на территории региона по данным сводных бюллетеней (рис. 4). Представительная регистрация землетрясений с $K_П$=9.0 (по региональной классификации [4]) как и ранее обеспечена практически для всего региона, а на уровне $K_П$=8.0 – для основных сейсмоопасных зон: Севастопольской, Ялтинской, Алуштинской, Судакской, а также северной части Крымского п-ова. Добавление даже одной станции привело к понижению представительного уровня землетрясений. Вид карты представительной регистрации, построенной с участием пункта «Донузлав 2» изменился. По сравнению с [5] существенно увеличилась площадь в пределах каждой изолинии K_{min}=7, 8, 9 в северном и западном направлениях.

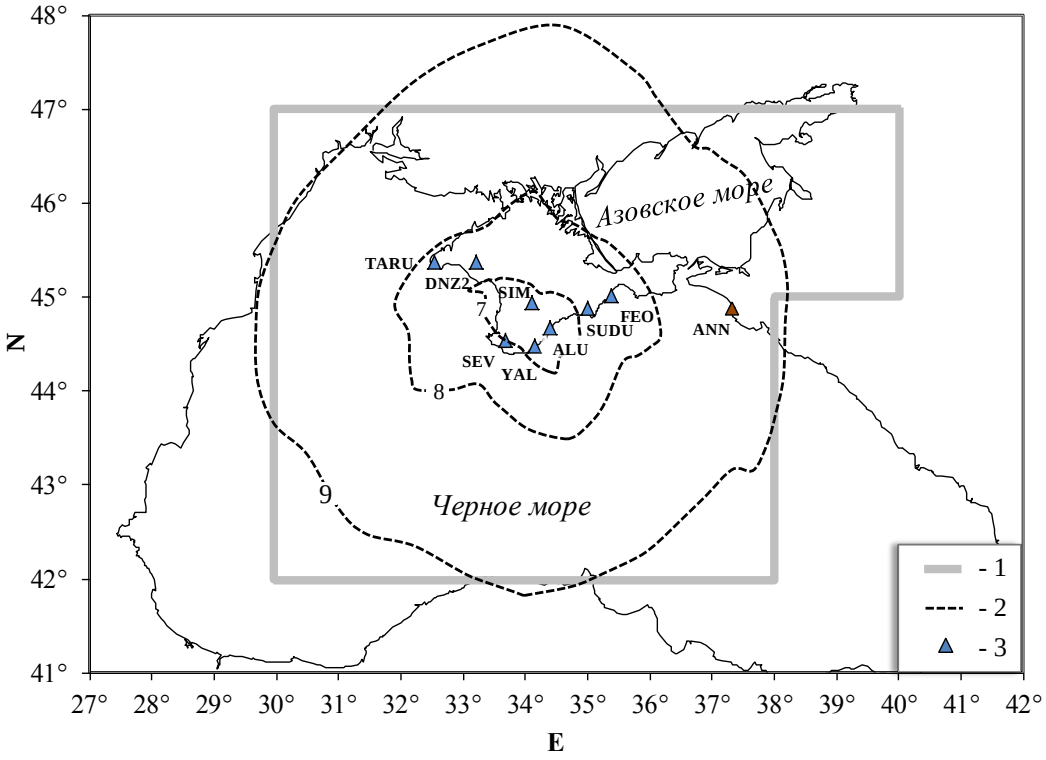


Рис. 4. Карта энергетической представительности землетрясений в изолиниях K_{min}: *1* – граница региона; *2* – изолинии K_{min}; *3* – сейсмическая станция.

Первичная интерпретация полученных цифровых материалов наблюдений по-прежнему выполняется с использованием программы WSG [6] на всех сейсмических станциях. Оценка динамических параметров сейсмических волн землетрясений дана по материалам регистрации каждой цифровой станции.

Методика сводной обработки землетрясений региона прежняя [7]. Некоторые дополнения и изменения в алгоритме используемой программы GIPO, связаны с новым годографом волн землетрясений Крымско-Черноморского региона [8].

Как обычно, при расчетах гипоцентров использованы данные бюллетеней станции «Анапа». Дополнительно привлекались времена вступлений первичных волн, взятых из электронного оперативного каталога EMSC [9].

Это в основном для землетрясений Керченско-Анапского района и Черноморской впадины, а также для некоторых событий Азово-Кубанского и Судакско-Феодосийского районов на станциях России: GELR, SOC, GUZR, VSLR, KIV, RPOR, ERBR, SPGR, KBZ; Северной Турции: CIDE, BZK, BTIN, KVT, DIKM; Украины: NE56 (Одесса); Румынии: TIRR, MANR, TLCR.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

В результате сводной обработки полученной сейсмологической информации составлены региональный каталог и подробные данные обо всех землетрясениях, которые представлены в таблицах 4 и 5 (таблицы 4 и 5 помещены в конце настоящей статьи).

Региональный каталог за 2018 г. содержит основные кинематические и динамические параметры 100 сейсмических событий, для которых определены координаты гипоцентров.

Классификация землетрясений в таблицах 4 и 5 выполнена по энергетическим классам $K_П$ [4] и классам по длительности *KD* [10] для всех землетрясений, а также магнитудам по коде *Mc* [11] – для 4 землетрясений, по длительности *MD* [12] – для 9, *MSH* – для 10.

Магнитуда *MSH* рассчитана в программе WSG [6] как локальная по максимуму поперечной волны *S*. Диапазон энергетических классов равен $K_П$=3.9–11.0, диапазон магнитуд – *Mc*=2.8–3.7, *MD*=2.8–4.4, *MSH*=2.6–4.0 соответственно.

Суммарный объем выделившейся сейсмической энергии в 2018 г. составляет ΣE=364.0585·10^9*Дж*, то есть в 2.77 раза больше годовой энергии 2017 г. [5] – ΣE=131.277·10^9*Дж*, но в 5.6 раз меньше среднегодового значения за предыдущие 10 лет.

Общее число локализованных в 2018 г. землетрясений *N*=100 превышает среднее значение *N*ср=85 за десятилетний период наблюдений.

В таблице 6 приведены: число землетрясений за год N_Σ и суммарная, выделившейся в очагах этих землетрясений сейсмическая энергия ΣE, а также энергетический уровень самого сильного землетрясения года K_{max}.

Таблица 6.

Распределение числа землетрясений и суммарной сейсмической энергии по годам за 2008–2018 гг.

Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	**Сред-нее**	2018
*K*max	13	11	10	11	12	10	11	11	13	11		11
N$_\Sigma$	61	161	91	92	53	64	119	58	59	89	**85**	100
ΣE, 10^9 *Дж*	5067	349	33	144	1288	53	191	149	13104	131	**2051**	364

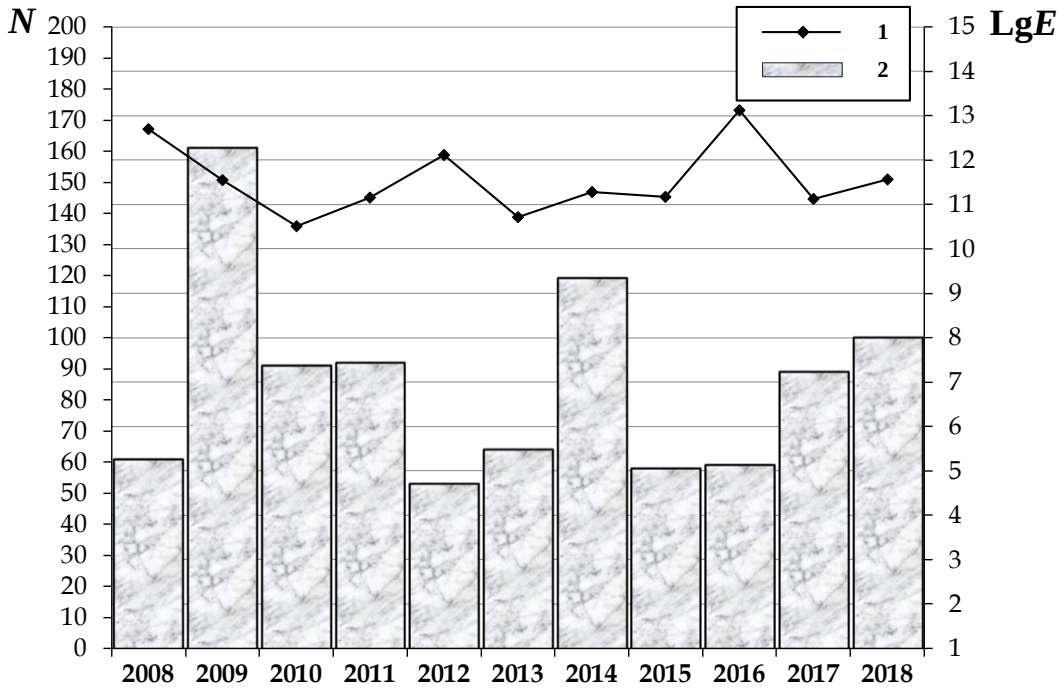


Рис. 5. Распределение по годам суммарной выделившейся энергии lg*E* (1) и числа землетрясений *N* (2) в Крымско-Черноморском регионе за 2008–2018 годы.

Рисунок 5 иллюстрирует варьирование в течение 10 лет основных характеристик сейсмической активности региона: числа землетрясений *N* и суммарной, выделившейся в очагах этих землетрясений энергии ΣE.

Временной анализ этих параметров показывает, что в 2018 г. сейсмическая активность региона в целом заметно усилилась относительно сейсмичности в 2017 г. Характерной особенностью сейсмического процесса в 2018 г. является наличие пяти землетрясений, сопровождающихся макросейсмическими проявлениями. Три землетрясения – в Керченско-Анапском районе и по одному в Ялтинском и Азово-Кубанском.

На рисунке 6 отражено пространственное распределение эпицентров всех местных землетрясений с энергетическими классами $K_П$=4.3–11.0 в 2018 г.

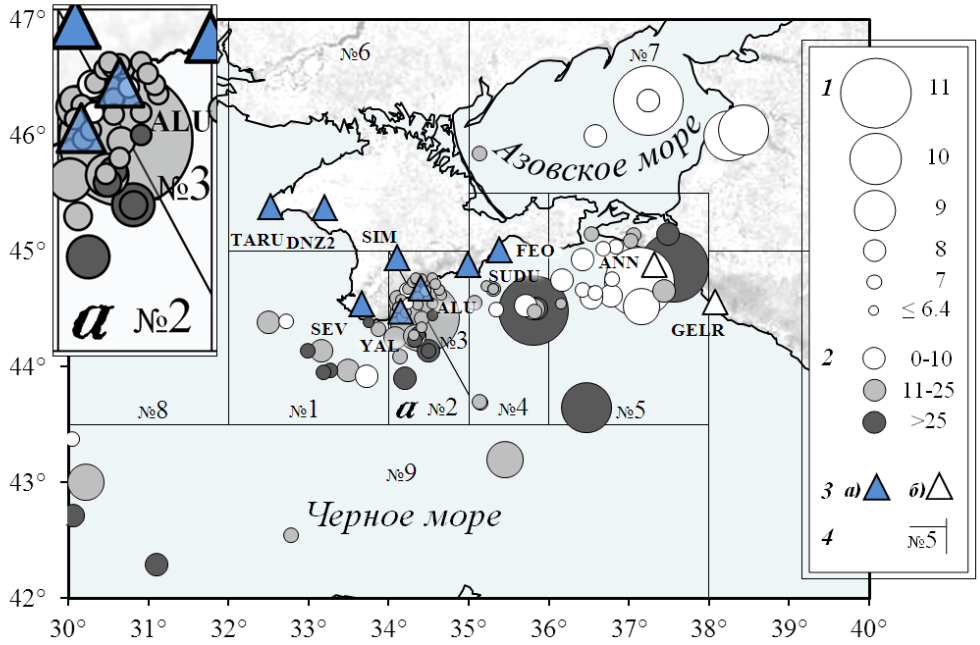


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений Крыма в 2018 г. *1* – энергетический класс $K_П$; *2* – глубина гипоцентра *h, км*; *3* – сейсмическая станция, *а*) Крымская сеть, *б*) сеть Северного Кавказа; *4* – граница района.

На карте особое внимание привлекает своеобразная «цепочка» эпицентров землетрясений с $K_П$~11 вдоль Крымского и Северо-Кавказского побережья Черного моря. Впервые за период инструментальных наблюдений в течение одного года локализованы землетрясения такого энергетического уровня сразу в трех районах: Ялтинском, Судакско-Феодосийском и Керченско-Анапском. Также просматривается необычно большая плотность всех эпицентров в этих трех районах.

Как следует из рисунка, помимо землетрясений на средней глубине h=11–25 *км*, произошли как поверхностные землетрясения с h≤10 *км*, так и относительно заглубленные с h>25 *км*.

Значимым событием для Крыма является ощутимое землетрясение 13 сентября в $05^h45^m23.0^s$ с координатами гипоцентра: φ=44.42°N, λ=34.41°E, h=29 *км* и с $K_П$=10.5, *MSH*=3.5.

Описанию макросейсмического проявления этого землетрясения посвящена отдельная статья сотрудника ГАУ РК «КЭС» Клянчина А.И.

В таблице 7 отражено распределение числа землетрясений Крымско-Черноморского региона по районам и энергетическим классам в 2018 г.

Как следует из таблицы 7, доминирует сейсмичность Керченско-Анапского района и почти на том же уровне сейсмичность пограничного Азово-Кубанского района. В очагах землетрясений этих двух районов высвободилось 73.1% годовой сейсмической энергии. Необычная сейсмическая активизация проявилась в Судакско-Феодосийском районе, где зарегистрирован один из пяти толчков максимального энергетического уровня K_{max}~11.

Таблица 7.

Распределение числа землетрясений по энергетическим классам $K_П$ и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам в 2018 г.

Район		Число землетрясений										ΣN	ΣE, $10^9 Дж$
		Энергетический класс											
№	Наименование	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Севастопольский	-	-	**1**	**5**	**4**	-	-	-	-	-	**10**	**0.2589**
2	Ялтинский	**1**	**7**	**6**	**8**	**6**		-	**1**	-	-	**29**	**32.3520**
3	Алуштинский	**1**	**4**	**10**		-	-	-	-	-	-	**15**	**0.01199**
4	Судакско-Феодосийский	-	**1**	**3**	**6**	**3**	-	-	**1**	-	-	**14**	**63.3578**
5	Керченско-Анапский	-	-	**1**	**8**	**6**	**1**	**1**	**2**	-	-	**19**	**154.4928**
6	Степной Крым	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.0000
7	Азово-Кубанский	-	-	-	**1**	**3**	-	**2**	**1**	-	-	**7**	**111.51725**
8	Северо-Западный	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.0000
9	Черноморская впадина	-	-	-	**2**	**2**	**2**	-	-	-	-	**6**	**2.0818**
	Всего	**2**	**12**	**21**	**30**	**24**	**3**	**3**	**5**			**100**	**364.0585**

Проявление сейсмичности отдельных районов региона за последние 20 лет передано на рисунке 7 в виде графиков временного хода высвобождения сейсмической энергии ΣE.

Прямая линия на графиках соответствует рассчитанному среднему значению сейсмической энергии каждого района за этот период. Количество выделившейся энергии в 4-ом и 7-ом районах в 2018 г. значительно превышает соответствующее среднее значение.

Также видим, что с 2012 года вновь наблюдается отмеченная ранее закономерность о противофазном характере выделения энергии в районе №5 относительно района №9. Различные объяснения связанности энергетических вариаций двух районов представлены в [13].

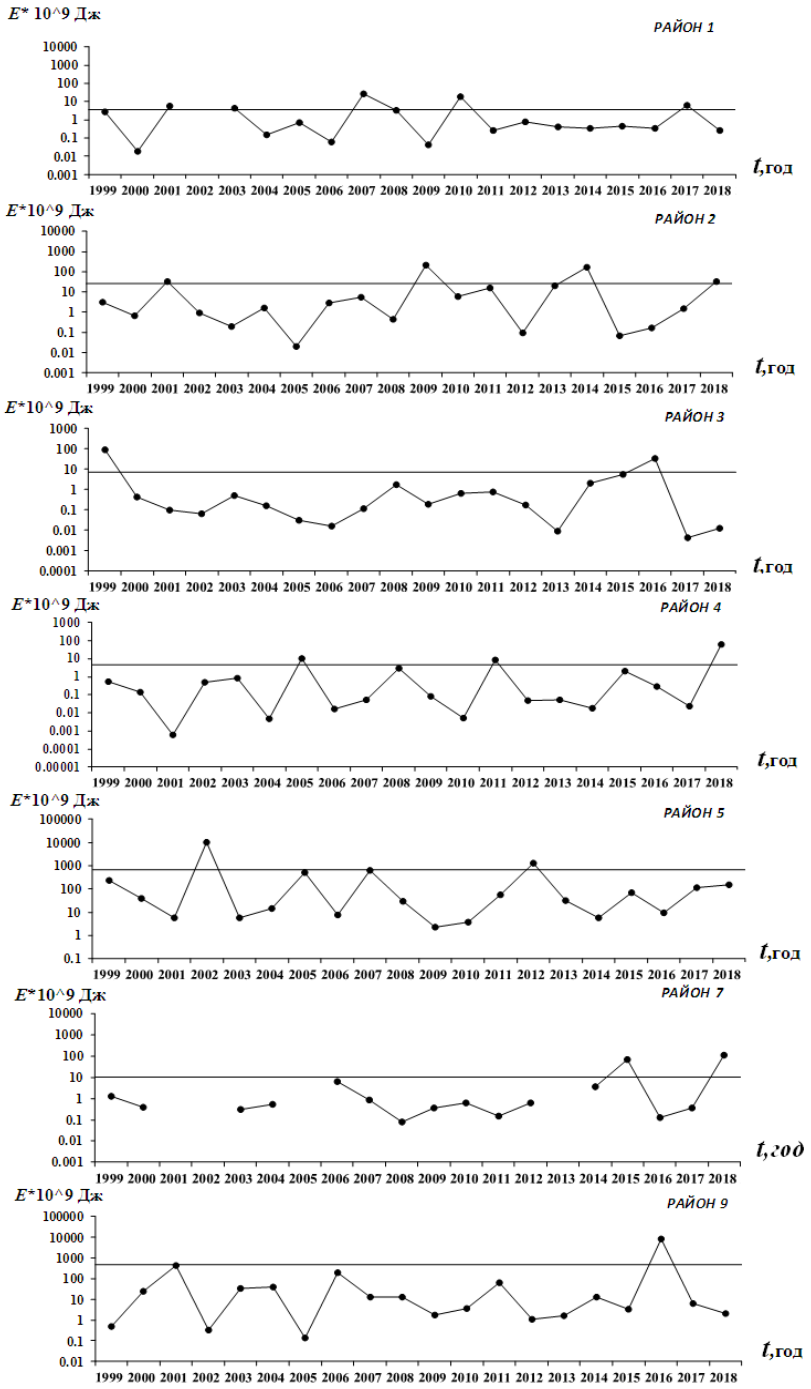


Рис. 7. Изменение во времени количества выделенной энергии в очагах землетрясений отдельных районов региона за 20 лет.

Ниже рассмотрены особенности сейсмичности отдельных районов в соответствии с рисунком 7 и общим каталогом землетрясений Крымско-Черноморского региона.

Из рисунка 6 следует, что сейсмичность **Севастопольского** района (№1) ниже среднего долговременного уровня. Здесь произошло только десять фоновых землетрясений с $K_П$=6.3–7.9. Пространственное расположение эпицентров – обычное: эпицентральные расстояния от станции «Севастополь» Δ=18–96 *км*. Глубина залегания очагов варьируется от *h*=3 *км* до *h*=38 *км.*

Наибольшее в этом году число сейсмических событий зарегистрировано в **Ялтинском** районе (№2). Очаги 29 землетрясений с $K_П$=3.9–10.5 расположены как в море, так и на суше. Их эпицентральные расстояния от станции «Ялта» Δ=5–64 *км* при глубинах *h*=10–36 *км*.

Процесс высвобождения энергии разнообразен: отдельными точками, маленькими группами. Так с 13 по 19 июля наблюдалась небольшая серия из шести землетрясений малых энергий с $K_П$=4.7–8.4 (Табл. 9). Эпицентры толчков – северо-восточнее Ялты на расстояниях Δ=19–22 *км*.

Самым примечательным событием Ялтинского района стало землетрясение с классом $K_П$=10.5, реализованное 13 сентября в $05^h45^m23.4^s$. Его очаг располагался юго-восточнее Ялты (Δ=21 *км*) на глубине *h*=29 *км*. Явных форшоков и афтершоков нет. Однако следует отметить высокую плотность эпицентров вблизи очаговой зоны этого землетрясения в широком азимутальном секторе (рис. 6, врезка ***а***). Землетрясение 13 сентября зарегистрировали 54 станции, помимо крымских, до расстояния Δ=41.74°. Сейсмическая активность района в течение трех лет повышалась и достигла в 2018 году среднего энергетического уровня (рис. 7).

Таблица 9.

Список июльской группы землетрясений в Ялтинском районе

№	Дата *д м год*	$t_{0,,}$ *ч мин с*	Гипоцентр			$K_П$
			φ° N	λ°E	*h, км*	
1	13.07.2018	15.25.24.7	44.68	34.24	12	5.4
2	18.07.2018	20.34.03.1	44.62	34.30	13	8.4
3	18.07.2018	20.38.01.9	44.61	34.36	16	5.4
4	18.07.2018	21.00.08.9	44.59	34.34	12	4.7
5	19.07.2018	11.07.10.9	44.67	34.22	10	6.6
6	19.07.2018	12.43.13.0	44.66	34.23	11	6.6

В **Алуштинском** районе (№3) отмечено 15 слабых землетрясений с $K_П$=4.3–6.3. Сейсмическая энергия их самая незначительная, на три порядка ниже среднего уровня. Эпицентры сконцентрированы на расстояниях Δ=5–28 *км* от станции «Алушта» при глубинах *h*=10–26 *км.* Среди землетрясений этого района отмечены два, эпицентры которых находятся в районе горы Демерджи**.**

Сейсмическая активность **Судакско-Феодосийского** района (№4) максимальная за 20-летний период и значительно выше среднего уровня.

Количество высвободившейся энергии в очагах 14 землетрясений с $K_П$=5.3–10.8 – на третьем месте относительно энергии других районов. Обычно этот район характеризуется редкими, более слабыми землетрясениями.

Самый сильный толчок с $K_П$=10.8 реализовался 9 сентября в $07^h47^m04{,}1^s$ и имел следующие координаты гипоцентра:φ=44.49°N, λ=35.80°E, *h*=35 *км.* Его эпицентр расположен в море, на расстоянии Δ=68 *км* от ближайшей станции «Феодосия». Основной толчок предварялся одним слабым форшоком с $K_П$=6.9. Спустя одну минуту 48 секунд произошел первый афтершок с $K_П$=7.9. Второй афтершок с $K_П$=7.8 зарегистрирован 21 октября.

Из других землетрясений Судакско-Феодосийского района выделяется группа из четырех слабых толчков с $K_П$=5.7–6.5. Они были зарегистрированы 31 августа только станциями «Судак» (Δ=33 *км*) и «Феодосия» (Δ=38 *км*).

Стабильно повышенной сейсмической активностью характеризуется **Керченско–Анапский** (№5) район. Здесь Крымская сеть зарегистрировала 19 землетрясений с $K_П$=6.2–11.0, в их числе одно из двух самых сильных землетрясений года. Суммарная сейсмическая энергия, выделенная в этом районе, $\sum E=154.4928\cdot10^9$ *Дж* составляет 42.4% от общей годовой энергии региона. Очаги большинства землетрясений расположены в акватории Черного моря, на расстояниях Δ=22–152 *км* от Анапы и четырех – на суше, северо-восточнее Анапы (Δ=19–36 *км*). Глубина всех очагов меняется в пределах от *h*=0 до *h*=33*км.*

Из [14] приведены *предварительные оперативные* сведения о макросейсмическом эффекте землетрясений на Черноморском побережье Кавказа. Поверхностное землетрясение (*h*=0 *км*) 20 января в $16^h28^m36.5^s$ несмотря на невысокий класс $K_П$=8.7, ощущалось в Анапе, Новороссийске с интенсивностью *I*=3–4 *балла* по шкале MSK64 [15]. Самое сильное событие года с $K_П$=11.0 реализовалось 31 января в $04^h28^m55.6^s$, координаты его гипоцентра: φ=44.74°N, λ=37.13°E, *h*=10 *км.* По [14] этот толчок вызвал сотрясения *I*=3–4 *балла* в Анапе, ст. Анапской, Су-Псехе, *I*=2–3 *балла* в Новороссийске. В упомянутой выше работе Клянчина А. И. описаны более полные макросейсмические данные этого землетрясения. Третье ощутимое землетрясение с $K_П$=10.7 произошло 24 апреля в $20^h47^m42.0^s$, координаты его гипоцентра: φ=44.86°N, λ=37.56°E, *h*=33*км*. Интенсивность сотрясений *I*=3 *балла* – в Анапе, Новороссийске.

По количеству годовой сейсмической энергии **Азово-Кубанский** район (№7) на втором месте в регионе (30.63%). Всего здесь зарегистрировано семь землетрясений энергетических классов $K_П$=6.5–11.0, при глубинах *h*=5–25 *км*. Самое сильное землетрясение с $K_П$=11.0 реализовано 15 октября в $10^h42^m07.6^s$. Его очаг находился в центральной части Азовского моря, координаты гипоцентра: φ=46.30°N, λ=37.24°E, *h*=6 *км*. Через пять минут девять секунд последовал первый афтершок с $K_П$=7.8. Второй афтершок с $K_П$=7.7 зарегистрирован 17 октября.

На восточном побережье Азовского моря 20 февраля произошло сейсмическое событие, которое по [14] ощущалось в г. Приморско-Ахтарске с интенсивностью *I*=3–4 *балла*. В нашем каталоге оно представлено как двойной толчок энергетических классов $K_П$=9.8 и $K_П$=9.7, с разницей во времени семь секунд, но с отличающимися координатами гипоцентров. Первое – φ=46.00°N, λ=38.24°E, *h*=5

км, второе – φ=46.05°N, λ=38.43°E, *h*=7 *км.* Накладка записей волновых форм усложняет их интерпретацию, поэтому приведенное оперативное решение ISC [16] одиночного гипоцентра (на основании данных различных агентств), было ошибочным и исключено из бюллетеня ISC. Станции Крыма, зарегистрировавшие эти землетрясения, достаточно удалены от эпицентра, Δ=263–408 *км*. Возможно, реальная погрешность в определении координат гипоцентров землетрясений и их энергетических оценок больше, чем приведенная в каталоге.

В **Черноморской впадине** (район №9) после резкого всплеска сейсмической активности в 2016 году, второй год продолжается снижение ее уровня. Здесь было зарегистрировано шесть сейсмических событий с $K_П$=7.3–9.1, имеющих глубину *h*=5–35 *км.*

В **Северо-Западном** районе (№8) и районе **Степной Крым** (№6) – полное затишье.

ВЫВОДЫ

На основе полученной информации в ходе мониторинга сейсмичности Крымско-Черноморского региона, составлен каталог землетрясений с основными кинематическими и динамическими параметрами, построена карта представительной регистрации, проведен анализ и обозначены особенности сейсмичности отдельных районов региона. Цифровые станции «Байкал» позволяют использовать сейсмические данные при сводной обработке в режиме онлайн и выполнять в программе WSG функцию «симулирование» записей приборов KIRNOS, ВЭГИК, СКМ.

По сравнению с предыдущим годом сейсмическая ситуация в регионе характеризуется возросшей сейсмической активностью, оставаясь в целом на умеренном уровне.

Открыт новый пункт наблюдений «Донузлав 2» (DNZ 2), который повысил чувствительность сети в северной и западной части региона.

Таблица 4.

Каталог землетрясений крымско-черноморского региона за 2018 г.
(*Составители*: Козиненко Н. М., Сыкчина З. Н., Бекмамбетова Л. Ю., Антонюк Г. П., Антонюк В. А., Курьянова И. В., Лукьянова Ж. В., Подвинцев А. В.,)

Время возникновения землетрясения, t_0							Координаты эпицентра				Глубина очага			Энергетический класс				Район	Магнитуда	
месяц	число	час	мин	сек	δt_0	C_t	$\varphi°N$	$\lambda°N$	$\delta\varphi$, $\delta\lambda$	C_φ	*h, км*	δh, *км*	C_h	$K_П$ [9]	δK	*n*	C_K		M_C [10]	*MSH*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1	19	42	38.6	0.5	2	44.74	34.43	0.04	5	15	4	3	5.5	0.3	4	1	3		
1	3	10	16	3.0	1.0	2	44.35	34.40	0.07	4	25	15	3	6.1	0.3	4	1	2		
1	6	7	46	53.5	0.5	2	42.55	32.77	0.05	4	15	5	3	7.3	0.1	4	1	9		

Продолжение таблицы 4..

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	7	22	14	34.2	0.2	2	44.67	36.42	0.05	4	0	2	3	6.6	0.2	3	1	5		
1	9	4	44	10.8	0.2	2	44.55	34.54	0.03	4	20	3	3	5.4	0.2	4	1	3		
1	11	21	43	17.1	0.2	2	43.70	35.13	0.04	4	25	1	3	7.2	0.4	6	1	4		
1	17	21	58	16.0	0.2	2	43.69	35.14	0.06	4	25	1	3	7.0	0.4	5	1	4		
1	18	2	18	22.2	0.1	1	44.55	34.23	0.02	3	10	1	3	6.4	0.8	6	1	2		
1	20	16	28	36.5	0.2	1	44.52	37.16	0.06	1	0	5	3	8.7	0.2	8	1	5		2.6
1	27	2	3	44.8	0.2	2	45.09	37.02	0.01	5	21	1	3	6.7	0.4	3	1	5		
1	31	4	28	55.6	0.6	2	44.74	37.13	0.11	3	10	9	3	11.0	0.3	8	1	5	3.5	3.8
2	3	11	4	10.0	0.5	2	44.42	34.41	0.05	4	16	10	3	6.8	0.2	5	1	2		
2	15	22	29	15.6	0.2	1	44.53	35.71	0.04	1	5	4	3	7.7	0.6	7	1	4		
2	20	7	0	11.5	1.3	2	46.00	38.24	0.05	4	5	4	3	9.8	0.7	2	1	7	форшок	
2	20	7	0	18.6	0.2	1	46.05	38.43	0.04	2	7	4	3	9.7	0.3	5	1	7		3.4
2	27	13	2	0.9	0.2	2	45.15	37.48	0.04	5	32	2	3	8.0	0.7	3	1	5		
3	9	21	21	25.4	0.2	2	43.38	30.04	0.03	4	5	2	3	7.4	0.3	2	1	9		
3	26	11	53	4.1	0.2	2	44.14	34.49	0.02	4	27	2	3	7.8	0.4	5	1	2		
3	26	11	53	58.3	0.2	2	44.14	34.49	0.02	4	27	1	3	6.9	0.5	5	1	2		
3	27	14	45	18.9	1.0	2	44.70	35.22	0.09	5	15	15	3	5.3	0.5	2	1	4		
4	7	16	57	59.4	0.2	2	44.40	32.71	0.02	4	3	1	3	7.1	0.5	5	1	1		
4	11	3	34	2.0	0.5	2	44.54	34.36	0.03	5	19	3	3	5.1	0.3	3	1	2		
4	15	6	56	7.4	0.2	1	44.93	36.42	0.03	2	0	2	3	7.9	0.5	8	1	5		
4	19	21	22	52.2	0.6	1	44.58	34.15	0.10	2	15	6	3	6.1	0.4	4	1	2		
4	19	21	23	3.5	0.2	1	44.57	34.13	0.01	1	14	1	3	8.3	0.4	7	1	2		
4	21	17	30	7.3	0.5	2	44.45	34.54	0.04	5	26	2	3	6.3	0.3	3	1	3		
4	24	20	47	42.0	0.3	1	44.86	37.56	0.08	1	33	7	3	10.7	0.3	8	1	5	3.7	3.9
4	25	18	38	20.9	0.8	2	44.29	34.36	0.05	4	30	8	3	6.8	0.5	5	1	2		
4	26	0	45	6.0	0.1	1	43.00	30.23	0.07	1	14	6	3	9.1	0.4	7	1	9		3.1
5	1	0	13	10.6	0.1	2	44.14	32.99	0.03	3	35	5	3	7.1	0.3	5	1	1		
5	1	11	29	16.8	0.2	2	44.76	36.78	0.03	4	8	2	3	7.2	0.4	4	1	5		
5	6	18	20	15.6	0.5	2	43.91	34.20	0.07	3	36	9	3	7.7	0.4	6	1	2		
5	11	4	57	0.1	0.1	1	44.66	34.46	0.06	3	10	5	3	6.3	0.3	6	1	3		
5	11	4	57	35.4	0.5	2	44.66	34.46	0.06	8	10	5	5	4.3	0.5	1	1	3		
6	5	17	7	18.5	0.5	2	45.14	37.05	0.02	5	20	5	3	6.7	0.3	3	1	5		
6	9	20	59	58.5	0.7	2	42.72	30.06	0.07	3	35	6	3	7.8	0.2	3	1	9		
6	10	6	18	46.8	0.2	2	43.96	33.18	0.04	5	38	8	3	7.3	0.3	4	1	1		
6	12	9	1	1.0	0.1	1	44.60	34.10	0.02	3	14	3	3	7.0	0.5	6	1	2		
6	12	17	56	12.9	0.1	1	43.19	35.46	0.03	3	21	3	3	8.7	0.5	7	1	9		2.6
6	19	16	13	50.9	0.7	2	44.77	34.33	0.02	4	21	1	3	5.9	0.5	5	1	3		
6	21	20	27	56.1	0.2	2	45.85	35.13	0.05	5	18	1	3	6.5	0.3	4	1	7		
6	24	16	26	55.3	0.5	2	44.39	33.74	0.06	4	28	8	3	6.3	0.3	4	1	1		
7	8	23	3	0.4	0.2	2	44.64	36.58	0.06	3	10	5	3	7.1	0.5	6	1	5		
7	9	19	43	22.0	0.2	1	44.47	34.21	0.01	2	17	1	2	5.9	0.2	3	1	2		
7	13	15	25	24.7	0.5	2	44.68	34.24	0.02	5	12	2	3	5.4	0.3	3	1	2		
7	17	7	3	1.4	0.2	2	44.66	37.43	0.04	4	24	3	3	8.2	0.2	6	1	5		
7	18	20	34	3.1	0.1	1	44.62	34.30	0.04	3	13	4	3	8.4	0.3	6	1	2		
7	18	20	38	1.9	0.5	2	44.61	34.36	0.04	5	16	2	3	5.4	0.3	5	1	2		
7	18	21	0	8.9	0.4	2	44.59	34.34	0.05	4	12	2	3	4.7	0.4	3	1	2		
7	19	11	7	10.9	0.7	2	44.67	34.22	0.04	4	10	3	3	6.6	0.3	6	1	2		
7	19	12	43	13.0	0.1	1	44.66	34.23	0.04	3	11	3	3	6.6	0.3	6	1	2		
7	21	1	23	38.4	0.1	1	44.33	33.87	0.08	3	21	4	3	6.7	0.5	5	1	1		
7	24	17	27	32.8	0.3	2	44.75	34.35	0.03	4	20	2	3	5.8	0.3	5	1	3		
7	24	23	40	58.7	0.2	2	44.52	34.11	0.02	5	16	1	3	4.7	0.1	3	1	2		

Продолжение таблицы 4..

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
7	29	16	34	14.1	0.2	2	44.60	36.53	0.05	4	9	4	3	7.9	0.5	7	1	5		
8	1	23	11	37.3	0.5	2	44.52	34.11	0.05	8	16	5	5	3.9	0.5	1	1	2		
8	1	23	14	36.6	0.5	2	44.52	34.11	0.05	8	16	5	5	4.5	0.4	2	1	2		
8	2	2	41	44.1	0.5	2	44.52	34.11	0.05	8	16	5	5	4.8	0.3	2	1	2		
8	5	13	45	50.9	0.2	2	43.97	33.26	0.02	4	27	1	3	6.9	0.5	3	1	1		
8	19	1	54	17.3	0.3	2	44.76	34.40	0.02	4	20	1	3	5.5	0.2	5	1	3		
8	20	6	49	34.2	0.9	1	43.65	36.47	0.06	1	28	6	3	9.5	0.3	8	1	5		2.9
8	21	7	8	21.8	0.3	2	44.74	34.30	0.01	4	19	1	3	6.2	0.2	5	1	3		
8	26	14	39	56.0	0.2	2	44.50	35.34	0.03	4	5	1	3	7.4	0.4	7	1	4		
8	31	5	41	26.4	0.2	2	44.68	35.30	0.05	8	20	20	5	5.7	0.5	1	1	4		
8	31	17	17	12.1	0.5	2	44.68	35.30	0.05	5	20	20	3	6.5	0.4	2	1	4		
8	31	20	6	35.7	0.5	2	44.68	35.30	0.05	8	20	20	5	5.9	0.3	2	1	4		
8	31	23	4	44.2	0.5	2	44.68	35.30	0.05	8	20	20	5	5.9	0.1	2	1	4		
9	1	19	2	43.1	0.2	2	45.15	36.53	0.01	5	11	1	3	7.1	0.5	4	1	5		
9	2	7	58	22.7	0.2	2	44.39	32.49	0.01	4	20	1	3	7.6	0.2	4	1	1		
9	3	19	45	51.3	0.2	2	45.04	36.83	0.01	5	9	1	3	7.0	0.1	4	1	5		
9	5	14	24	56.3	0.2	2	44.62	36.77	0.04	4	4	4	3	8.2	0.2	6	1	5		
9	5	23	9	41.1	0.2	1	44.27	34.32	0.07	3	23	11	3	7.7	0.2	7	1	2		
9	6	0	7	33.4	0.7	2	44.28	34.31	0.07	4	25	12	3	6.1	0.5	4	1	2		
9	9	5	57	41.2	0.2	2	44.48	35.81	0.01	5	15	1	3	6.9	0.4	4	1	4		
9	9	7	47	4.1	0.6	1	44.49	35.80	0.08	1	35	2	3	10.8	0.3	6	1	4	3.2	4
9	9	7	48	52.4	0.3	1	44.51	35.84	0.05	2	35	1	3	7.9	0.2	7	1	4		
9	9	21	49	28.1	0.2	2	44.55	36.15	0.01	4	23	1	3	6.2	0.2	4	1	5		
9	12	9	8	28.3	1.2	2	44.56	35.07	0.01	4	23	1	3	6.7	0.7	4	1	4		
9	13	5	45	23.0	0.7	1	44.42	34.41	0.03	1	29	2	3	10.5	0.3	5	1	2	2.8	3.1
9	15	7	13	1.6	0.5	2	44.43	34.16	0.04	4	12	5	3	5.8	0.7	3	1	2		
10	6	11	5	57.9	0.1	1	44.14	33.15	0.01	1	23	3	3	7.6	0.5	6	1	1		
10	15	10	42	7.6	0.6	1	46.30	37.24	0.06	1	6	6	3	11.0	0.3	9	1	7		4
10	15	10	53	16.6	0.1	2	46.30	37.24	0.06	8	6	6	5	7.8	0.4	2	1	7		
10	17	15	7	7.1	0.1	2	46.30	37.24	0.06	8	6	6	5	7.7	0.3	2	1	7		
10	21	9	24	53.9	0.2	1	44.50	35.81	0.03	3	25	1	3	7.8	0.5	8	1	4		
10	25	10	30	6.9	0.2	2	43.92	33.72	0.04	5	4	3	3	7.9	0.3	5	1	1		
10	29	12	0	27.1	0.2	2	46.00	36.57	0.02	4	10	2	3	7.9	0.4	3	1	7		
11	1	18	31	31.2	0.2	2	45.02	36.67	0.05	5	10	5	3	6.7	0.2	3	1	5		
11	12	5	54	19.1	0.2	2	43.97	33.49	0.02	5	23	2	3	7.6	0.4	5	1	1		
11	14	4	42	13.6	0.5	2	44.72	34.58	0.10	5	22	7	3	5.6	0.2	4	1	3		
11	18	6	27	43.9	0.5	2	44.09	34.13	0.05	5	22	7	3	6.5	0.6	3	1	2		
11	18	22	28	24.1	0.6	2	44.77	34.54	0.07	4	20	4	3	5.3	0.3	4	1	3		
11	27	1	37	44.6	0.1	1	44.25	34.08	0.06	2	15	8	2	7.6	0.3	7	1	2		
12	1	3	1	24.8	0.3	1	44.24	34.32	0.03	2	35	1	2	7.4	0.3	7	1	2		
12	17	6	35	38.1	0.2	2	44.75	36.16	0.04	4	8	3	3	7.8	0.2	5	1	5		
12	20	1	57	36.0	0.1	1	44.73	34.54	0.03	3	14	3	3	5.2	0.4	4	1	3		
12	25	13	7	26.2	0.2	2	44.67	34.63	0.07	5	15	4	3	6.3	0.4	5	1	3		
12	27	6	46	42.3	0.2	2	42.30	31.10	0.06	4	35	6	3	8.3	0.5	3	1	9		
12	28	22	32	9.5	1.0	2	44.67	34.63	0.07	5	15	4	8	4.9	0.6	3	1	3		
12	30	3	3	10.5	0.2	1	44.63	34.65	0.03	2	15	2	2	6.1	0.4	7	1	3		

Приложение к таблице 4.

Способы определения основных параметров землетрясений

№ спос.	Время в очаге, *Ct*	Координаты эпицентра, *Cφ*	Глубина очага, *Ch*	Энергетический класс, *Ck*
1	Определено по графику Вадати	Определены по n>4		Определен по A/T по региональной номограмме *Кп* [9]
2	Определено по годографам	Определены по n=4	Определена способом Вадати определения координат эпицентра и глубины	Определен по длительности записи [11]
3		Определены по n=3, m≥1	Определена из годографа	
4		Определены по n=2, m≥1	Присвоено среднее значение глубины для региона	
5		Определены по n=1, m≥2	Присвоено значение глубины для основного толчка (афтершоки, форшоки)	
6		Определены по n=1, m≥1 и энергетическим соображениям		
8		Присвоены параметры основного т олчка		

n – количество (t_S–t_P) m– количество *P* или *S* фаз

Таблица 5.

Подробные данные о землетрясениях Крыма за 2018 г.

Стан-ция	Δ, *км*	Az	Фаза	Время			T, *с*	A, мкм			Кп [9]	D, *с*	KD [11]	Примечания
				ч	*м*	*с*		N-S	E-W	Z				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ 1. 1 января. Крым, район 3														
0=19ч 42мин 38.6с, φ=44.74°N, λ=34.43°E, h=15км, $K_П$=5.5±0.3 (4), KD=5.8 (1)														
ALU	6	198	+iPg	19	42	41.8								
ALU			Pgm	19	42	41.9	0.14			0.013				
ALU			eSg	19	42	44.1								
ALU			Sgm	19	42	44.3	0.22	0.057			5.2			
ALU			Sgm	19	42	44.5	0.22		0.026					
SIM	34	313	eSg	19	42	49.9								
SIM			Sgm	19	42	50.2	0.35	0.025						
SIM			Sgm	19	42	50.2	0.10		0.008		5.9			
YAL	35	218	e(Sg)	19	42	50.5								
SUDU	48	69	e(Pg)	19	42	47.1								
SUDU			Pgm	19	42	47.4	0.19			0.002				
SUDU			eSg	19	42	53.1								
SUDU			Sgm	19	42	53.5	0.34		0.008					
SUDU			Sgm	19	42	56.0	0.48	0.019			5.2	16	5.8	

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV	63	250	eSg	19	42	57.3								
SEV			Sgm	19	42	57.5	0.31		0.003					
SEV			Sgm	19	42	57.7	0.33	0.005			5.7			
№ 2. 3 января. Черное море, район 2														
0=10ч 16мин 3.0с, φ=44.35°N, λ=34.40°E, h=25км, $K_П$=6.1±0.3 (4), KD=6.2 (2)														
YAL	25	308	-iPg	10	16	9.9								
YAL			Pgm	10	16	10.0	0.10			0.018				
YAL			eSg	10	16	14.4								
YAL			Sgm	10	16	14.6	0.15	0.010						
YAL			Sgm	10	16	14.6	0.24		0.026		5.9	14	6.0	
ALU	37	0	eSg	10	16	17.2								
ALU			Sgm	10	16	17.5	0.18	0.020			6.2			
ALU			Sgm	10	16	17.9	0.27		0.017					
SEV	61	291	ePg	10	16	14.3								
SEV			Pgm	10	16	14.7	0.13			0.005				
SEV			eSg	10	16	22.5								
SEV			Sgm	10	16	22.7	0.11	0.005						
SEV			Sgm	10	16	23.2	0.13		0.006		6.6	17	6.3	
SUDU	77	38	eSg	10	16	26.9								
SUDU			Sgm	10	16	27.9	0.20		0.005					
SUDU			Sgm	10	16	28.7	0.38	0.011			5.8			
№ 3. 6 января. Черное море, район 9														
0=7ч 46мин 53.5с, φ=42.55°N, λ=32.77°E, h=15км, $K_П$=7.3±0.1 (4)														
CIDE	75	169	ePg	7	47	7.5								
CIDE			eSg	7	47	16.8								
BTIN	110	203	ePg	7	47	13.3								
BTIN			eSg	7	47	27.0								
SEV	234	18	eSn	7	47	54.1								
SEV			Snm	7	47	55.0	0.27		0.002					
SEV			Snm	7	47	54.2	0.52	0.008			7.3			
YAL	243	27	eSn	7	47	55.9								
YAL			Snm	7	47	57.3	0.24	0.004						
YAL			Snm	7	47	57.4	0.29		0.005		7.0			
ALU	272	28	eSn	7	48	3.1								
ALU			Snm	7	48	3.4	0.27	0.006			7.3			
SUDU	316	34	e(Sn)	7	48	12.6								
SUDU			Snm	7	48	14.5	0.31	0.007						
SUDU			Snm	7	48	14.5	0.23		0.004		7.5			
№ 4. 7 января. Черное море, район 5														
0=22ч 14мин 34.2с, φ=44.67°N, λ=36.42°E, h=0км, $K_П$=6.6±0.2 (3,) KD=7.4 (1)														
FEO	90	296	eSg	22	15	1.9								
FEO			Sgm	22	15	2.1	0.30		0.017		6.4			
SUDU	115	283	ePg	22	14	54.8								
SUDU			Pgm	22	14	54.9	0.20			0.003				
SUDU			eSg	22	15	8.8								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Sgm	22	15	10.2	0.31		0.010					
SUDU			Sgm	22	15	11.1	0.47	0.023			6.8	35	7.4	
YAL	181	264	ePn	22	15	4.6								
YAL			Pnm	22	15	4.7	0.10			0.001				
YAL			eSn	22	15	25.7								
YAL			Snm	22	15	26.0	0.22		0.005		6.5			
№ 5. 9 января. Черное море, район 3														
0=4ч 44мин 10.8с, φ=44.55°N, λ=34.54°E, h=20км, $K_П$=5.4±0.2 (4), KD=5.7(2)														
ALU	18	322	iPg	4	44	15.7								
ALU			Pgm	4	44	15.8	0.14			0.014				
ALU			eSg	4	44	18.8								
ALU			Sgm	4	44	19.0	0.30	0.038			5.1			
ALU			Sgm	4	44	19.0	0.44		0.025			13	5.4	
YAL	32	257	e(Sg)	4	44	22.4								
YAL			Sgm	4	44	25.0	0.21		0.007		5.3			
YAL			Sgm	4	44	25.6	0.23	0.006						
SUDU	52	44	ePg	4	44	21.0								
SUDU			Pgm	4	44	22.0	0.30			0.008				
SUDU			eSg	4	44	28.1								
SUDU			Sgm	4	44	28.8	0.56	0.022						
SUDU			Sgm	4	44	29.3	0.36		0.019		5.8	17	5.9	
SEV	68	270	eSg	4	44	32.8								
SEV			Sgm	4	44	33.1	0.21		0.002		5.5			
SEV			Sgm	4	44	33.8	0.23	0.002						
№ 6. 11 января. Черное море, район 4														
0=21ч 43мин 17.1с, φ=43.70°N, λ=35.13°E, h=25км, $K_П$=7.2±0.4 (6), KD=7.7(2)														
YAL	117	319	eSg	21	43	53.0								
YAL			Sgm	21	43	56.4	0.21	0.007						
YAL			Sgm	21	43	57.3	0.29		0.009		6.8			
ALU	123	332	ePg	21	43	39.3								
ALU			Pgm	21	43	39.9	0.31			0.008				
ALU			eSg	21	43	54.5								
ALU			Sgm	21	43	54.7	0.25	0.016			7.2	35	7.4	
ALU			Sgm	21	43	55.5	0.28		0.012					
SUDU	133	356	ePg	21	43	41.0								
SUDU			Pgm	21	43	44.6	0.27			0.005				
SUDU			eSg	21	43	57.2								
SUDU			Sgm	21	43	57.4	0.23		0.013					
SUDU			Sgm	21	43	58.6	0.31	0.023			7.4	47	8.0	
FEO	148	8	eSg	21	44	0.4								
FEO			Sgm	21	44	0.7	0.22		0.017					
FEO			Sgm	21	44	2.4	0.22	0.024			8.0			
SEV	149	310	eSg	21	44	0.2								
SEV			Sgm	21	44	0.3	0.23		0.003					
SEV			Sgm	21	44	4.5	0.22	0.003			6.7			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SIM	161	330	eSn	21	44	3.8								
SIM			Snm	21	44	4.2	0.25		0.009		7.0			
SIM			Snm	21	44	5.3	0.25	0.008						
№. 7. 17 января. Черное море, район 4														
0=21ч 58мин 16.0с, φ=43.69°N, λ=35.14°E, h=25км, $K_П$=7.0±0.4 (5), KD=7.1(2)														
ALU	125	332	ePg	21	58	38.8								
ALU			Pgm	21	58	42.0	0.23			0.004				
ALU			eSg	21	58	54.6								
ALU			Sgm	21	58	54.8	0.30	0.021			7.2	24	6.6	
ALU			Sgm	21	58	55.0	0.28		0.009					
SUDU	134	355	ePg	21	58	40.2								
SUDU			Pgm	21	58	43.4	0.36			0.005				
SUDU			eSg	21	58	56.4								
SUDU			Sgm	21	58	57.0	0.22		0.010					
SUDU			Sgm	21	59	5.0	0.38	0.018			7.0	38	7.5	
FEO	149	8	eSg	21	58	59.0								
FEO			Sgm	21	59	0.4	0.22		0.001					
FEO			Sgm	21	59	2.3	0.25	0.027			7.9			
SEV	151	310	e(Sg)	21	58	59.1								
SEV			Sgm	21	59	1.1	0.20		0.002					
SEV			Sgm	21	59	4.0	0.23	0.002			6.4			
SIM	162	330	eSn	21	59	3.3								
SIM			Snm	21	59	3.4	0.26		0.005					
SIM			Snm	21	59	3.8	0.30	0.007			6.6			
№ 8. 18 января. Крым, район 2														
0=2ч 18мин 22.2с, φ=44.55°N, λ=34.23°E, h=10км, $K_П$=6.4±0.8 (6), KD=6.4(3)														
YAL	9	222	-iPg	2	18	24.2								α=10°
YAL			Pgm	2	18	24.3	0.08			0.030				
YAL			iSg	2	18	26.0								
YAL			Sgm	2	18	26.1	0.10	0.053						
YAL			Sgm	2	18	26.1	0.10		0.247		7.3	13	5.9	
ALU	20	44	ePg	2	18	26.0								
ALU			Pgm	2	18	26.2	0.20			0.003				
ALU			eSg	2	18	28.8								
ALU			Sgm	2	18	31.3	0.36	0.027			4.8	17	5.9	
ALU			Sgm	2	18	31.4	0.47		0.021					
SEV	44	271	-iPg	2	18	29.0								
SEV			Pgm	2	18	29.5	0.13			0.020				
SEV			iSg	2	18	34.6								
SEV			Sgm	2	18	35.4	0.16	0.008				27	7.3	
SEV			Sgm	2	18	36.5	0.17		0.007		6.0			
SIM	45	350	eSg	2	18	35.4								
SIM			Sgm	2	18	36.3	0.16	0.006						
SIM			Sgm	2	18	36.4	0.19		0.015		6.3			
SUDU	71	59	eSg	2	18	43.5								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Sgm	2	18	45.1	0.42	0.002						
SUDU			Sgm	2	18	45.8	0.34		0.016		6.1			
TARU	162	306	e(Sg)	2	19	10.0								
TARU			Sgm	2	19	15.1	0.36	0.020						
TARU			Sgm	2	19	15.1	0.42		0.028		7.6			
№ 9. 20 января. Черное море, район 5														
0=16ч 28мин 36.5с, φ=44.52°N, λ=37.16°E, h=0км, $K_П$=8.7±0.2 (8), KD=9.1(3)														
MSH=2.6(7), MD=2.8(6)														
ANN	42	17	+iPg	16	28	44.1								I_{ANN}=3-4 *б*
ANN			Pgm	16	28	44.9	0.40			2.851				
ANN			iSg	16	28	49.4								
ANN			Sgm	16	28	50.2	0.40	2.900						
ANN			Sgm	16	28	50.3	0.50		3.100		9.5			
GELR	66	84	+Pg	16	28	48.3								
GELR			iSg	16	28	56.2								
FEO	151	292	ePg	16	29	0.5								
FEO			Pgm	16	29	1.0	0.20			0.015				
FEO			eSg	16	29	19.2								
FEO			Sgm	16	29	21.0	0.22		0.031					MD=2.4
FEO			Sgm	16	29	26.1	0.27	0.061			8.4	46	8.8	MSH=2.3
SUDU	176	284	-iPn	16	29	5.3								
SUDU			Pnm	16	29	5.9	0.27			0.036				
SUDU			iSn	16	29	26.3								
SUDU			Snm	16	29	27.9	0.25		0.041					MD=3.1
SUDU			Snm	16	29	28.3	0.39	0.098			8.9	97	9.4	MSH=2.6
ALU	219	276	ePn	16	29	10.8								
ALU			Pnm	16	29	13.5	0.27			0.012				
ALU			eSn	16	29	35.8								
ALU			Snm	16	29	37.8	0.25	0.020			8.3	60	8.4	MD=2.7
ALU			Snm	16	29	39.2	0.25		0.011					MSH=2.2
YAL	238	270	ePn	16	29	14.4								
YAL			Pnm	16	29	23.2	0.29			0.012				
YAL			eSn	16	29	41.6								
YAL			Snm	16	29	42.8	0.29		0.054		8.7	70	9.2	MD=2.8
YAL			Snm	16	29	43.9	0.29	0.034						MSH=3.1
SIM	245	282	ePn	16	29	14.9								
SIM			Pnm	16	29	15.4	0.26			0.030				
SIM			eSn	16	29	42.7								
SIM			Snm	16	29	45.6	0.34		0.028		8.7	60	8.4	MD=2.7
SIM			Snm	16	29	46.8	0.28	0.025						MSH=2.7
SEV	276	272	ePn	16	29	18.7								
SEV			Pnm	16	29	20.8	0.24			0.003				
SEV			eSn	16	29	49.3								
SEV			Snm	16	29	52.1	0.34	0.024			8.6	105	10.1	MD=3.1
SEV			Snm	16	29	53.0	0.24		0.013					MSH=2.4

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TARU	377	286	eSn	16	30	11.7								
TARU			Snm	16	30	12.1	0.23		0.014		8.7			MSH=2.6
TARU			Snm	16	30	13.9	0.21	0.010						
№ 10. 27 января. Краснодарский край, район 5														
0=2ч 3мин 44.8с, φ=45.09°N, λ=37.02°E, h=21км, $K_П$=6.7±0.4 (3), KD=8.1(1)														
ANN	33	134	-iPg	2	3	51.9								
ANN			Pgm	2	3	52.2	0.30			0.038				
ANN			iSg	2	3	56.7								
ANN			Sgm	2	3	57.2	0.40	0.174						
ANN			Sgm	2	3	57.3	0.20		0.204		7.3			
SUDU	160	263	eSn	2	4	27.9								
SUDU			Snm	2	4	28.8	0.22	0.004			6.4			
SUDU			Snm	2	4	29.4	0.22		0.002					
SEV	270	258	ePn	2	4	24.0								
SEV			Pnm	2	4	25.0	0.20			0.001				
SEV			iSn	2	4	52.7								
SEV			Snm	2	4	53.2	0.33	0.002			6.4			
SEV			Snm	2	4	55.1	0.24		0.001			40	8.1	
№ 11. 31 января. Черное море, район 5														
0=4ч 28мин 55.6с, φ=44.74°N, λ=37.13°E, h=10км, $K_П$=11.0±0.3 (8), KD=10.0(7)														
MSH=3.8(7), MD=3.2(7), Mc=3.5														
ANN	22	42	-ePg	4	28	59.4								I_{ANN}=3-4 *б*
ANN			Pgm	4	28	59.9	0.30			14.483				
ANN			eSg	4	29	2.9								
ANN			iSg	4	29	3.1								
ANN			Sgm	4	29	3.2	0.30	35.100			10.4			
GELR	70	104	-ePg	4	29	7.4								
GELR			eSg	4	29	16.2								
GELR			iSg	4	29	17.5								
FEO	141	284	e(Pg)	4	29	18.9								
FEO			Pgm	4	29	20.2	0.16			0.109				
FEO			e(Sg)	4	29	38.0								
FEO			Sgm	4	29	42.2	0.33	1.000			10.7			MSH=3.7
FEO			Sgm	4	29	43.2	0.31		0.674			103	10.4	MD=3.1
SUDU	169	277	+iPn	4	29	21.6								
SUDU			Pnm	4	29	22.4	0.22			0.170				
SUDU			eSn	4	29	42.5								
SUDU			iSn	4	29	42.8								
SUDU			Snm	4	29	43.6	0.39	1.300			11.1			MSH=3.9
SUDU			Snm	4	29	43.7	0.42		0.751			143	10.2	MD=3.4
ALU	215	269	+ePn	4	29	26.8								
ALU			-iPn	4	29	27.2								
ALU			Pnm	4	29	27.7	0.23			0.060				
ALU			eSn	4	29	51.9								
ALU			Snm	4	29	54.1	0.30		0.708					MD=3.1

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			Snm	4	29	55.5	0.27	1.200			11.8	95	9.4	MSH=4.1
YAL	237	264	e(Pn)	4	29	31.4								
YAL			-ePn	4	29	31.7								
YAL			Pnm	4	29	32.5	0.21			0.125				
YAL			eSn	4	29	58.8								
YAL			Snm	4	30	0.1	0.27	0.463						MD=3.0
YAL			Snm	4	30	0.3	0.19		0.550		11.1	93	9.7	MSH=3.8
SIM	239	277	+ePn	4	29	31.9								
SIM			-iPn	4	29	32.1								
SIM			Pnm	4	29	32.3	0.24			0.407				Mc=3.5
SIM			iSn	4	29	59.5								MD=3.4
SIM			Snm	4	30	0.3	0.25	0.290	0.280		10.9	137	9.9	MSH=3.6
SOC	243	121	e(Pn)	4	29	31.2								
SOC			eSn	4	29	58.1								
GUZR	252	108	ePn	4	29	31.3								
GUZR			eSn	4	29	58.5								
VSLR	272	120	ePn	4	29	33.8								
SEV	274	267	+ePn	4	29	35.8								
SEV			-iPn	4	29	36.1								
SEV			Pnm	4	29	38.1	0.24			0.063				
SEV			eSn	4	30	6.3								
SEV			Snm	4	30	7.9	0.16		0.144					MD=3.3
SEV			Snm	4	30	11.9	0.26	0.260			10.8	118	10.3	MSH=3.5
TARU	368	283	e(Pn)	4	29	47.4								
TARU			Pnm	4	29	48.3	0.16			0.012				
TARU			eSn	4	30	27.9								
TARU			Snm	4	30	29.6	0.21		0.138					MD=3.3
TARU			Snm	4	30	31.5	0.18	0.129			10.9	117	9.8	MSH=3.4
KBZ	473	102	eP	4	29	58.5								
№ 12. 3 февраля. Черное море, район 2														
0=11ч 4мин 10.0с, φ=44.42°N, λ=34.41°E, h=16км, $K_П$=6.8±0.2 (5), KD=7.0(4)														
YAL	22	290	-iPg	11	4	14.9								
YAL			i	11	4	15.1								
YAL			Pgm	11	4	15.2	0.10			0.025				
YAL			eSg	11	4	18.4								
YAL			Sgm	11	4	18.6	0.22	0.165			7.2			
YAL			Sgm	11	4	18.8	0.13		0.088			25	7.1	
ALU	29	359	Pgm				0.13			0.016				*
ALU			Sgm				0.20	0.061			6.4			Sg-Pg=3.9 *c*
ALU			Sgm				0.27		0.033			26	6.8	
SEV	60	283	ePg	11	4	21.1								
SEV			Pgm	11	4	21.4	0.10			0.001				
SEV			eSg	11	4	28.9								
SEV			Sgm	11	4	29.9	0.14		0.008		6.7			
SEV			Sgm	11	4	30.1	0.17	0.007				33	7.6	

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SIM	63	338	eSg	11	4	29.9								
SIM			Sgm	11	4	30.0	0.11	0.003						
SIM			Sgm	11	4	30.0	0.13		0.008		6.8			
SUDU	70	41	Pgm				0.12			0.006				*
SUDU			Sgm				0.28	0.030						Sg-Pg=9.6 *c*
SUDU			Sgm				0.34		0.043		7.0	24	6.6	
№ 13. 15 февраля. Черное море, район 4														
0=22ч 29мин 15.6с, φ=44.53°N, λ=35.71°E, h=5км, $K_П$=7.7±0.6 (7), KD=8.2(7)														
FEO	60	335	ePg	22	29	25.4								
FEO			Pgm	22	29	27.9	0.25			0.060				
FEO			eSg	22	29	32.5								
FEO			Sgm	22	29	32.7	0.27	0.132			7.8	47	8.8	
FEO			Sgm	22	29	35.2	0.22		0.066					
SUDU	69	306	+iPg	22	29	27.2		0.000	-	+				
SUDU			Pgm	22	29	32.2	0.23			0.026				
SUDU			eSg	22	29	35.4								
SUDU			Sgm	22	29	36.1	0.27		0.048					
SUDU			Sgm	22	29	37.9	0.36	0.177			7.9	65	8.6	
ALU	105	280	+iPg	22	29	33.2		+	-	+				
ALU			Pgm	22	29	33.5	0.20			0.012				
ALU			ISg	22	29	46.1								
ALU			Sgm	22	29	47.1	0.31		0.013					
ALU			Sgm	22	29	47.4	0.28	0.022			7.1	50	8.1	
YAL	124	269	ePg	22	29	37.4								
YAL			Pgm	22	29	38.3	0.13			0.019				
YAL			eSg	22	29	52.8								
YAL			Sgm	22	29	53.8	0.14	0.020						
YAL			Sgm	22	29	54.5	0.23		0.064		8.6	40	8.0	
SIM	135	291	+iPg	22	29	38.0								
SIM			Pgm	22	29	38.2	0.23			0.020				
SIM			eSg	22	29	54.0								
SIM			Sgm	22	29	54.2	0.36		0.018		7.0	50	8.0	
SIM			Sgm	22	29	58.7	0.23	0.010						
SEV	161	271	ePn	22	29	42.1								
SEV			Pnm	22	29	44.8	0.15			0.005				
SEV			eSn	22	30	1.9								
SEV			Snm	22	30	2.8	0.25	0.020						
SEV			Snm	22	30	3.6	0.30		0.024		8.5	50	8.6	
TARU	267	292	ePn	22	29	56.3								
TARU			Pnm	22	29	57.8	0.10			0.006				
TARU			eSn	22	30	26.1								
TARU			Snm	22	30	29.9	0.35	0.005			7.1	55	8.3	
TARU			Snm	22	30	30.1	0.25		0.004					
№ 14. 20 февраля. Краснодарский край, район 7														
0=7ч 0мин 11.5с, φ=46.00°N, λ=38.24°E, h=5км, $K_П$=9.8±0.7 (2)														

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ANN	144	211	-ePn	7	0	36.8								$I_{\text{Приморско-Ахтарск}}$=
ANN			Pnm	7	0	38.0	0.30			0.480				=3–4 *б*
ANN			eSn	7	0	55.2								
ANN			Snm	7	0	55.9	0.30	1.122						
ANN			Snm	7	0	55.9	0.50		1.829		10.4			
GELR	159	187	-ePn	7	0	38.3								
GELR			eSn	7	0	56.9								
ERBR	177	100	ePn	7	0	39.8								
ERBR			eSn	7	1	1.8								
SUDU	282	245	ePn	7	0	52.7								
SUDU			Pnm	7	1	0.3	0.25			0.006				
SUDU			eSn	7	1	24.6								
SUDU			Snm	7	1	28.6	0.30		0.034					
SUDU			Snm	7	1	31.8	0.31	0.044			9.1			
SEV	392	247	eP	7	1	7.3								
SEV			Pm	7	1	10.9	0.22			0.005				
№ 15. 20 февраля. Краснодарский край, район 7														
0=7ч 0мин 18.6с, φ=46.05°N, λ=38.43°E, h=7км, $K_П$=9.7±0.3 (5), KD=10.6(1)														
MSH=3.4(4), MD=3.6(1)														
SPGR	148	191	ePg	7	0	44.2								
SPGR			eSg	7	1	1.6								
ANN	156	214	ePn	7	0	45.2								
ANN			Pnm	7	0	45.6	0.20			0.449				
ANN			eSn	7	1	3.7								
ANN			Snm	7	1	4.5	0.60	1.014						
ANN			Snm	7	1	5.2	0.20		1.320		10.2			
GELR	167	192	ePn	7	0	46.7								
GELR			eSn	7	1	5.9								
FEO	263	245	eSn	7	1	29.3								
FEO			Snm	7	1	37.6	0.34	0.128			9.9			
FEO			Snm	7	1	39.3	0.27		0.077					MSH=3.6
SUDU	297	246	ePn	7	1	2.6								
SUDU			Pnm	7	1	4.2	0.25			0.026				
SUDU			eSn	7	1	34.7								MD=3.6
SUDU			Snm	7	1	37.8	0.30	0.093			9.7	175	10.6	MSH=3.5
SUDU			Snm	7	1	38.5	0.38		0.055					
ALU	349	246	eSn	7	1	46.7								
ALU			Snm	7	1	51.4	0.33	0.036			9.1			MSH=3.0
ALU			Snm	7	1	51.7	0.45		0.019					
SIM	358	252	eSn	7	1	51.9								
SIM			Snm	7	1	59.7	0.24	0.057						
SIM			Snm	7	2	0.4	0.30		0.069		9.8			MSH=3.6
YAL	377	244	ePn	7	1	12.2								
YAL			Pnm	7	1	13.9	0.25			0.007				
SEV	408	248	ePn	7	1	16.0								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Pnm	7	1	19.3	0.21			0.008				
№ 16. 27 февраля. Краснодарский край, район 5														
0=13ч 2мин 0.9с, φ=45.15°N, λ=37.48°E, h=32км, $K_П$=8.0±0.7(3), KD=8.6(1)														
ANN	32	204	+iPg	13	2	8.5								
ANN			Pgm	13	2	9.0	0.20			0.644				
ANN			eSg	13	2	13.7								
ANN			Sgm	13	2	13.9	0.20	1.775			9.0			
ANN			Sgm	13	2	13.9	0.10		1.429					
GELR	75	147	iPg	13	2	13.3								
SUDU	197	263	e(Pn)	13	2	30.5								
SUDU			Pnm	13	2	30.9	0.28			0.004				
SUDU			eSn	13	2	50.9								
SUDU			Sgm	13	2	53.0	0.34	0.020			7.6			
SUDU			Sgm	13	2	53.3	0.38		0.016			67	8.6	
GUZR	245	121	ePn	13	2	35.6								
RPOR	273	125	ePn	13	2	38.7								
VSLR	276	132	ePn	13	2	38.8								
SEV	307	259	eSn	13	3	15.1								
SEV			Snm	13	3	17.7	0.31	0.005			7.3			
SEV			Snm	13	3	18.3	0.41		0.006					
№ 17. 9 марта. Черное море, район 9														
0=21ч 21мин 25.4с, φ=43.38°N, λ=30.04°E, h=5км, $K_П$=7.4±0.3(2)														
MANR	127	293	ePg	21	21	46.2								
MANR			eSg	21	22	0.4								
TIRR	177	313	ePg	21	21	54.7								
TIRR			eSg	21	22	14.6								
TARU	297	41	e(Sn)	21	22	42.7								
SEV	318	65	eSn	21	22	46.0								
SEV			Snm	21	22	46.1	0.14	0.001						
SEV			Snm	21	22	46.1	0.15		0.001		7.1			
SUDU	429	65	eSn	21	23	11.7								
SUDU			Snm	21	23	11.9	0.13	0.002			7.7			
SUDU			Snm	21	23	12.5	0.14		0.001					
№ 18. 26марта. Черное море, район 2														
0=11ч 53мин 4.1с, φ=44.14°N, λ=34.49°E, h=27км, $K_П$=7.8±0.4(5), KD=7.9(2)														
YAL	47	326	iSg	11	53	20.7								
YAL			Sgm	11	53	20.8	0.16		0.043		7.1			
YAL			Sgm	11	53	21.1	0.12	0.021						
ALU	60	354	iSg	11	53	23.2								
ALU			Sgm	11	53	23.4	0.23	0.159			8.2			
ALU			Sgm	11	53	23.7	0.22		0.056					
SEV	78	305	-iPg	11	53	18.2								
SEV			Pgm	11	53	18.5	0.12			0.005				
SEV			iSg	11	53	27.3								
SEV			Sgm	11	53	27.5	0.18	0.019			7.5			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Sgm	11	53	28.2	0.16		0.014			39	8.1	
SUDU	92	26	+ePg	11	53	20.5								
SUDU			Pgm	11	53	21.2	0.18			0.006				
SUDU			iSg	11	53	32.1								
SUDU			Sgm	11	53	32.8	0.28		0.057					
SUDU			Sgm	11	53	33.1	0.30	0.089			8.0	44	7.7	
SIM	94	342	eSg	11	53	32.3								
SIM			Sgm	11	53	32.4	0.10		0.018		8.3			
SIM			Sgm	11	53	32.6	0.14	0.013						
№ 19. 26марта. Черное море, район 2														
0=11ч 53мин 58.3с, φ=44.14°N, λ=34.49°E, h=27км, $K_П$=6.9±0.5(5), KD=7.4(2)														
YAL	47	325	eSg	11	54	14.9								
YAL			Sgm	11	54	15.1	0.13		0.012		6.3			
YAL			Sgm	11	54	15.8	0.15	0.010						
ALU	60	353	e(Sg)	11	54	17.3								
ALU			Sgm	11	54	17.6	0.23	0.046			7.3			
ALU			Sgm	11	54	18.0	0.29		0.024					
SEV	79	305	-ePg	11	54	12.4								
SEV			Pgm	11	54	12.7	0.12			0.003				
SEV			eSg	11	54	21.5								
SEV			Sgm	11	54	21.7	0.16	0.004			6.2			
SEV			Sgm	11	54	22.4	0.12		0.003			33	7.6	
SUDU	92	26	e(Pg)	11	54	14.6								
SUDU			Pgm	11	54	15.0	0.27			0.004				
SUDU			eSg	11	54	26.2								
SUDU			Sgm	11	54	27.0	0.30	0.023						
SUDU			Sgm	11	54	27.2	0.30		0.037		7.3	32	7.2	
SIM	95	342	e(Sg)	11	54	26.4								
SIM			Sgm	11	54	26.8	0.20	0.010						
SIM			Sgm	11	54	26.8	0.20		0.011		7.4			
№ 20. 27марта. Черное море, район 4														
0=14ч 45мин 18.9с, φ=44.70°N, λ=35.22°E, h=15км, $K_П$=5.3±0.5(2), KD=6.2(1)														
SUDU	27	321	e(Pg)	14	45	25.6								
SUDU			Pgm	14	45	28.6	0.11			0.002				
SUDU			eSg	14	45	29.6								
SUDU			Sgm	14	45	30.3	0.27	0.013			4.8			
SUDU			Sgm	14	45	30.9	0.34		0.014			20	6.2	
FEO	38	21	e(Sg)	14	45	30.6								
FEO			Sgm	14	45	30.8	0.20	0.018			5.8			
FEO			Sgm	14	45	31.7	0.20		0.011					
№ 21. 7апреля. Черное море, район 1														
0=16ч 57мин 59.4с, φ=44.40°N, λ=32,71°E, h=3км, $K_П$=7.1±0.5(5), KD=7.8(3)														
SEV	78	78	+iPg	16	58	12.7								
SEV			Pgm	16	58	13.1	0.10			0.002				
SEV			eSg	16	58	21.7								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Sgm	16	58	23.0	0.23	0.007			6.2	36	7.8	
SEV			Sgm	16	58	25.6	0.22		0.008					
TARU	109	353	ePg	16	58	18.4								
TARU			Pgm	16	58	19.8	0.10			0.010				
TARU			eSg	16	58	31.9								
TARU			Sgm	16	58	32.4	0.15	0.019			7.5			
TARU			Sgm	16	58	32.8	0.15		0.011			48	7.9	
YAL	115	85	eSg	16	58	33.0								
YAL			Sgm	16	58	33.1	0.29		0.008					
YAL			Sgm	16	58	34.2	0.29	0.009			6.7			
SIM	127	61	eSg	16	58	36.1								
SIM			Sgm	16	58	36.9	0.34	0.026			7.2			
SIM			Sgm	16	58	37.6	0.35		0.022					
SUDU	189	73	+ePn	16	58	30.3								
SUDU			Pnm	16	58	30.5	0.20			0.004				
SUDU			eSn	16	58	52.3								
SUDU			Snm	16	58	53.8	0.52		0.016					
SUDU			Snm	16	58	54.8	0.41	0.032			7.9	42	7.7	
№ 22. 11 апреля. Черное море, район 2														
0=3ч 34мин 2.0с, φ=44.54°N, λ=34.36°E, h=19км, $K_П$=5.1±0.3(3), KD=5.5(1)														
ALU	16	12	eSg	3	34	9.7								
ALU			Sgm	3	34	11.0	0.23	0.017			4.8			
ALU			Sgm	3	34	11.3	0.23		0.004					
YAL	17	250	ePg	3	34	6.6								
YAL			Pgm	3	34	7.0	0.06			0.002				
YAL			eSg	3	34	9.8								
YAL			Sgm	3	34	10.2	0.13	0.009						
YAL			Sgm	3	34	10.3	0.10		0.013		5.5	11	5.5	
SEV	54	271	eSg	3	34	19.5								
SEV			Sgm	3	34	20.0	0.20	0.001						
SEV			Sgm	3	34	20.1	0.22		0.002		5.0			
№ 23. 15апреля. Черное море, район 5														
0=6ч 56мин 7.4с, φ=44.93°N, λ=36.42°E, h=0км, $K_П$=7.9±0.5(8), KD=8.0(4)														
ANN	71	94	+iPg	6	56	20.2								
ANN			Pgm	6	56	20.6	0.20			0.222				
ANN			iSg	6	56	28.9								
ANN			Sgm	6	56	29.5	0.20	0.582						
ANN			Sgm	6	56	29.6	0.30		0.586		9.0			
FEO	82	277	e(Sg)	6	56	39.2								
FEO			Sgm	6	56	40.9	0.19		0.024					
FEO			Sgm	6	56	42.9	0.28	0.058			7.7			
SUDU	112	268	ePg	6	56	27.8								
SUDU			Pgm	6	56	34.2	0.23			0.005				
SUDU			eSg	6	56	41.7								
SUDU			Sgm	6	56	43.5	0.25		0.018					

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Sgm	6	56	46.7	0.36	0.057			7.8	55	8.3	
SIM	181	271	eSn	6	56	59.8								
SIM			Snm	6	57	0.1	0.12		0.008		7.8			
SIM			Snm	6	57	0.4	0.17	0.005						
YAL	186	255	ePn	6	56	38.1								
YAL			Pnm	6	56	38.8	0.10			0.003				
YAL			eSn	6	56	59.9								
YAL			Snm	6	57	1.1	0.14	0.009						
YAL			Snm	6	57	2.0	0.19		0.037		8.4	33	7.6	
SEV	221	260	ePn	6	56	42.3								
SEV			Pnm	6	56	42.7	0.32			0.002				
SEV			eSn	6	57	7.4								
SEV			Snm	6	57	8.6	0.29	0.008			7.4			
SEV			Snm	6	57	8.6	0.23		0.006			52	8.6	
ALU	162	261	Pnm				0.11			0.011				*
ALU			Snm				0.11	0.007			8.1	40	7.6	Sn–Pn=25.2 c
ALU			Snm				0.13		0.006					
TARU	309	281	eSn	6	57	26.8								
TARU			Snm	6	57	27.0	0.28	0.003						
TARU			Snm	6	57	30.6	0.23		0.003		7.0			
№ 24. 19апреля. Крым, район 2														
0=21ч 22мин 52.2с, φ=44.58°N, λ=34.15°E, h=15км, $K_П$=6.1±0.4(4)														
YAL	10	178	+iPg	21	22	55.9		-	+	+				
YAL			Pgm	21	22	56.0	0.08			0.036				
YAL			iSg	21	22	58.0								
YAL			Sgm	21	22	58.4	0.11		0.050		6.1			
YAL			Sgm	21	22	58.8	0.12	0.046						
ALU	23	60	ePg	21	22	57.3								
ALU			Pgm	21	22	57.4	0.17			0.002				
ALU			eSg	21	23	0.8								
ALU			Sgm	21	23	2.9	0.20	0.018			5.2			
ALU			Sgm	21	23	3.5	0.31		0.010					
SEV	37	264	-iPg	21	22	59.1								
SEV			Pgm	21	22	59.4	0.09			0.002				
SEV			iSg	21	23	3.7								
SEV			Sgm	21	23	4.4	0.13		0.011		6.2			
SEV			Sgm	21	23	4.5	0.14	0.009						
SIM	41	356	ePg	21	23	0.4								
SIM			Pgm	21	23	5.5	0.11			0.005				
SIM			eSg	21	23	6.3								
SIM			Sgm	21	23	7.1	0.18		0.015					
SIM			Sgm	21	23	7.5	0.12	0.015			6.7			
№ 25 19апреля. Крым, район 2														
0=21ч 23мин 3.5с, φ=44.57°N, λ=34.13°E, h=11км, $K_П$=8.3±0.4(7), KD=8.6(7)														
YAL	10	168	+IPg	21	23	6.4		-	+	+				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Pgm	21	23	6.5	0.10			0.787				
YAL			eSg	21	23	8.7								
YAL			Sgm	21	23	9.1	0.13		0.596		8.2			
YAL			Sgm	21	23	9.8	0.11	0.454				45	8.3	
ALU	25	60	-iPg	21	23	7.8				-				
ALU			Pgm	21	23	8.6	0.16			0.026				
ALU			iSg	21	23	11.2								
ALU			Sgm	21	23	12.0	0.27		0.139					
ALU			Sgm	21	23	12.1	0.20	0.251			7.4	45	7.9	
SEV	36	266	-iPg	21	23	9.7								
SEV			Pgm	21	23	10.1	0.08			0.023				
SEV			iSg	21	23	14.3								
SEV			Sgm	21	23	14.9	0.11		0.087					
SEV			Sgm	21	23	15.1	0.14	0.122			8.2	65	8.9	
SIM	42	358	-iPg	21	23	11.1				-				
SIM			Pgm	21	23	16.0	0.13			0.052				
SIM			iSg	21	23	16.8								
SIM			Sgm	21	23	17.4	0.12	0.090						
SIM			Sgm	21	23	17.7	0.12		0.148		8.7	70	8.7	
SUDU	77	62	-iPg	21	23	16.4				-				
SUDU			Pgm	21	23	24.7	0.34			0.029				
SUDU			iSg	21	23	26.4								
SUDU			Sgm	21	23	27.8	0.25		0.092					
SUDU			Sgm	21	23	31.3	0.45	0.274			8.4	60	8.4	
FEO	111	63	ePg	21	23	20.8								
FEO			Pgm	21	23	22.2	0.14			0.013				
FEO			e(Sg)	21	23	35.5								
FEO			Sgm	21	23	38.5	0.19		0.018					
FEO			Sgm	21	23	39.3	0.20	0.041			8.4	60	9.3	
TARU	154	306	ePg	21	23	28.8								
TARU			Pgm	21	23	30.2	0.09			0.024				
TARU			eSg	21	23	47.1								
TARU			Sgm	21	23	50.9	0.14	0.062			9.1			
TARU			Sgm	21	23	51.0	0.15		0.044			60	8.5	
№ 26. 21апреля. Черное море, район 3														
0=17ч 30мин 7.3с, φ=44.45°N, λ=34.54°E, h=26км, $K_П$=6.3±0.3(3), KD=6.4(1)														
ALU	28	338	-ePg	17	30	14.0								
ALU			Pgm	17	30	14.1	0.14			0.005				
ALU			iSg	17	30	18.7								
ALU			Sgm	17	30	19.4	0.38		0.023					
ALU			Sgm	17	30	19.6	0.22	0.072			6.7			
YAL	31	279	eSg	17	30	19.3								
YAL			iSg	17	30	19.4								
YAL			Sgm	17	30	19.5	0.25		0.033		6.1			
YAL			Sgm	17	30	19.6	0.19	0.012						

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV	69	280	+ePg	17	30	20.4								
SEV			Pgm	17	30	20.8	0.16			0.002				
SEV			iSg	17	30	29.1								
SEV			Sgm	17	30	29.4	0.16	0.003						
SEV			Sgm	17	30	30.3	0.17		0.004		6.1	17	6.4	
№ 27. 24апреля. Краснодарский край, район 5														
0=20ч 47мин 42.0с, φ=44.86°N, λ=37.56°E, h=33км, $K_П$=10.7±0.3(8), KD=10.8(7)														
MSH=3.9(7), MD=3.6(7), Mc=3.7														
ANN	19	279	ePg	20	47	48.7								I_{ANN}=4-4.5 *б*
ANN			Pgm	20	47	49.4	0.10			1.722				
ANN			eSg	20	47	52.6								
ANN			Sgm	20	47	55.4	0.40		4.540		9.4			
ANN			Sgm	20	47	55.8	0.40	3.558						
GOYR	159	115	+iPn	20	48	6.2								
FEO	171	277	ePn	20	48	6.3								
FEO			Pnm	20	48	6.7	0.20			0.299				
FEO			e(Sn)	20	48	24.8								
FEO			Snm	20	48	31.1	0.28		0.423		10.5			MSH=3.4
FEO			Snm	20	48	33.2	0.33	0.870				125	10.7	MD=3.3
SUDU	202	272	+iPn	20	48	10.8								
SUDU			Pnm	20	48	11.8	0.30			0.192				
SUDU			eSn	20	48	32.8								
SUDU			Snm	20	48	35.7	0.48		0.752					MD=3.6
SUDU			Snm	20	48	35.8	0.52	1.400			11.0	187	10.7	MSH=4.0
SOC	223	128	+iPn	20	48	13.5								
GUZR	225	114	+iPn	20	48	13.9								
VSLR	251	127	+iPn	20	48	16.0								
ALU	250	267	+ePn	20	48	16.7								
ALU			Pnm	20	48	19.0	0.20			0.040				
ALU			eSn	20	48	42.9								
ALU			Snm	20	48	45.4	0.39		0.944					MD=3.9
ALU			Snm	20	48	46.6	0.31	1.300			11.7	234	11.2	MSH=4.1
RPOR	251	120	-iPn	20	48	17.1								
YAL	272	263	-ePn	20	48	20.0								
YAL			Pnm	20	48	21.1	0.23			0.066				
YAL			eSn	20	48	48.5								
YAL			Snm	20	48	50.3	0.31	0.404						MD=3.5
YAL			Snm	20	48	50.3	0.40		0.608		10.6	150	10.6	MSH=4.0
SIM	271	273	+ePn	20	48	20.4								
SIM			-iPn	20	48	20.7								
SIM			Pnm	20	48	20.9	0.37			0.316				
SIM			iSn	20	48	49.2								
SIM			Snm	20	48	50.4	0.21		0.201					MD=3.7
SIM			Snm	20	48	50.7	0.25	0.280			11.0	192	10.6	MSH=3.7
SEV	308	265	-iPn	20	48	24.5								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Pnm	20	48	27.5	0.22			0.042				
SEV			eSn	20	48	56.6								
SEV			Snm	20	48	59.4	0.32	0.247			10.7			MSH=3.7
SEV			Snm	20	48	59.9	0.29		0.197			194	11.3	MD=3.7
DIKM	402	208	ePn	20	48	35.5								
TARU	398	280	-ePn	20	48	36.2								
TARU			Pnm	20	48	37.4	0.14			0.072				
TARU			e(Sn)	20	49	17.1								
TARU			Snm	20	49	17.9	0.23		0.110					MD=3.7
TARU			Snm	20	49	18.4	0.26	0.145			10.7	195	10.8	MSH=3.8
KIV	419	102	ePn	20	48	38.1								
KVT	437	197	+iPn	20	48	41.1								
№ 28. 25апреля. Черное море, район 2														
0=18ч 38мин 20.9с, φ=44.29°N, λ=34.36°E, h=30км, $K_П$=6.8±0.5(5) KD=7.2(2)														
YAL	27	325	-iPg	18	38	27.3								
YAL			Pgm	18	38	27.4	0.16			0.018				α=155°
YAL			iSg	18	38	32.3								
YAL			Sgm	18	38	33.4	0.15	0.026						
YAL			Sgm	18	38	33.4	0.14		0.054		7.1	24	7.0	
ALU	44	174	iSg	18	38	36.1								
ALU			Sgm	18	38	36.7	0.36		0.059					
ALU			Sgm	18	38	37.4	0.28	0.096			7.3			
SEV	61	299	-ePg	18	38	32.3								
SEV			Pgm	18	38	32.7	0.10			0.002				
SEV			iSg	18	38	40.6								
SEV			Sgm	18	38	41.0	0.21	0.007						
SEV			Sgm	18	38	41.6	0.22		0.008		6.4	27	7.3	
SUDU	83	38	eSg	18	38	46.4								
SUDU			Sgm	18	38	49.7	0.27		0.005					
SUDU			Sgm	18	38	50.2	0.23	0.007			6.0			
TARU	188	312	e(Sn)	18	39	14.7								
TARU			iSn	18	39	15.9								
TARU			Snm	18	39	16.6	0.22	0.007						
TARU			Snm	18	39	16.6	0.27		0.010		7.3			
№ 29. 26апреля. Черное море, район 9														
0=0ч 45мин 6.0с, φ=43.00°N, λ=30.23°E, h=14км, $K_П$=9.1±0.4(7) KD=10.3(5)														
MSH=3.1(7), MD=3.4(6)														
TLCR	268	337	ePn	0	45	45.7								
TARU	323	34	-iPn	0	45	51.7								
TARU			Pnm	0	45	52.0	0.20			0.010				
TARU			iSn	0	46	26.5								
TARU			Snm	0	46	29.5	0.24		0.026					MD=3.6
TARU			Snm	0	46	30.5	0.22	0.037			9.3	170	10.6	MSH=2.4
SEV	327	57	ePn	0	45	52.7								
SEV			Pnm	0	45	53.5	0.21			0.002				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			iSn	0	46	28.4								
SEV			Snm	0	46	32.3	0.19	0.005						MD=3.1
SEV			Snm	0	46	32.4	0.26		0.008		8.4	143	10.7	MSH=2.6
YAL	357	61	-ePn	0	45	56.1								
YAL			Pnm	0	45	57.1	0.23			0.007				
YAL			eSn	0	46	34.5								
YAL			Snm	0	46	36.7	0.22		0.013		8.6			MD=3.2
YAL			Snm	0	46	36.8	0.25	0.006				110	10.0	MSH=2.6
ALU	384	59	-iPn	0	45	59.1								
ALU			Pnm	0	45	59.5	0.30			0.007				
ALU			iSn	0	46	39.9								
ALU			Snm	0	46	43.5	0.42	0.062			9.5			MD=3.3
ALU			Snm	0	46	44.7	0.44		0.048			130	10.0	MSH=3.4
SIM	380	54	eSn	0	46	40.2								
SIM			Snm	0	46	41.1	0.56		0.027					MSH=3.2
SIM			Snm	0	46	42.4	0.46	0.040			9.0			
NE56	414	7	ePn	0	46	2.1								
NE56			eSn	0	46	45.7						200		MD=3.7
SUDU	437	59	ePn	0	46	5.2								
SUDU			-iPn	0	46	5.4								
SUDU			Pnm	0	46	5.7	0.22			0.024				
SUDU			e(Sn)	0	46	50.7								
SUDU			iSn	0	46	52.3								
SUDU			Snm	0	46	55.6	0.42		0.023					MD=3.5
SUDU			Snm	0	46	58.3	0.58	0.060			9.4	150	10.3	MSH=3.5
FEO	471	60	e(Sn)	0	47	1.0								
FEO			Snm	0	47	1.4	0.31		0.029		9.4			
FEO			Snm	0	47	2.2	0.25	0.022						MSH=3.3
№ 30. 1 мая. Черное море, район 1														
0=0ч 13мин 10.6с, φ=44.14°N, λ=32.99°E, h=35км, $K_П$=7.1±0.3(5) KD=8.2(5)														
SEV	72	54	+ePg	0	13	23.4								
SEV			Pgm	0	13	24.1	0.14			0.016				α=222°
SEV			eSg	0	13	32.6								
SEV			Sgm	0	13	32.8	0.25	0.017			6.8			
SEV			Sgm	0	13	32.8	0.43		0.025			58	8.8	
YAL	103	69	+ePg	0	13	28.1								
YAL			Pgm	0	13	28.4	0.15			0.008				
YAL			eSg	0	13	40.6								
YAL			Sgm	0	13	42.4	0.21		0.016		7.3			
YAL			Sgm	0	13	43.1	0.21	0.016				40	8.0	
SIM	128	47	+iPg	0	13	31.9								
SIM			Pgm	0	13	32.2	0.10			0.007				
SIM			e(Sg)	0	13	47.1								
SIM			Sgm	0	13	51.1	0.26	0.010						
SIM			Sgm	0	13	51.1	0.13		0.006		6.8			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU	130	63	Sgm				0.18	0.007			6.9	46	7.8	* Sg–Pg=15.2 с
TARU	138	347	-iPg	0	13	34.6								α=152°
TARU			Pgm	0	13	36.1	0.10			0.023				
TARU			e	0	13	51.3								
TARU			eSg	0	13	51.8								
TARU			Sgm	0	13	53.8	0.11	0.056						
TARU			Sgm	0	13	53.9	0.15		0.046			53	8.2	
SUDU	182	63	ePn	0	13	39.8								
SUDU			Pnm	0	13	42.8	0.31			0.009				
SUDU			eSn	0	14	0.7								
SUDU			Snm	0	14	3.0	0.30		0.018					
SUDU			Snm	0	14	4.4	0.31	0.020			7.7	54	8.2	
№ 31. 1 мая. Черное море, район 5														
0=11ч 29мин 16.8с, φ=44.76°N, λ=36.78°E, h=8км, $K_П$=7.2±0.4(4), KD=7.8(2)														
ANN	45	72	ePg	11	29	24.5								
ANN			Pgm	11	29	25.0	0.20			0.012				
ANN			eSg	11	29	30.1								
ANN			Sgm	11	29	30.4	0.20	0.464						
ANN			Sgm	11	29	30.5	0.20		0.261		8.0			
SUDU	141	276	ePg	11	29	41.5								
SUDU			Pgm	11	29	41.7	0.31			0.009				
SUDU			eSg	11	29	57.9								
SUDU			Sgm	11	29	59.4	0.36	0.013			6.8	37	7.9	
SUDU			Sgm	11	30	0.3	0.34		0.006					
YAL	210	263	eSn	11	30	13.1								
YAL			Snm	11	30	14.3	0.35	0.011						
YAL			Snm	11	30	14.3	0.36		0.015		7.2			
SEV	246	266	ePn	11	29	54.2								
SEV			Pnm	11	29	57.8								
SEV			eSn	11	30	21.1								
SEV			Snm	11	30	21.7	0.29	0.003			6.7			
SEV			Snm	11	30	21.7	0.25		0.001			42	7.7	
№ 32. 6 мая. Черное море, район 2														
0=18ч 20мин 15.6с, φ=43,91°N, λ=34.20°E, h=36км, $K_П$=7.7±0.4(6) KD=7.6(4)														
YAL	64	357	ePg	18	20	29.4								
YAL			Pgm	18	20	29.9								
YAL			eSg	18	20	38.7								
YAL			Sgm	18	20	40.0	0.26	0.109						
YAL			Sgm	18	20	40.0	0.24		0.136		8.4	34	7.8	
SEV	81	330	+iPg	18	20	30.9		+	-	+				α=133°
SEV			Pgm	18	20	31.7	0.11			0.002				
SEV			eSg	18	20	41.9								
SEV			Sgm	18	20	42.1	0.29	0.009	0.014		7.1	43	8.2	
ALU	87	11	ePg	18	20	31.9								
ALU			Pgm	18	20	32.6	0.34			0.021				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			eSg	18	20	43.7								
ALU			Sgm	18	20	45.4	0.34	0.057			7.7			
ALU			Sgm	18	20	45.4	0.29		0.027			27	6.9	
SIM	115	357	eSg	18	20	51.3								
SIM			Sgm	18	20	52.2	0.34		0.009					
SIM			Sgm	18	20	52.6	0.40	0.025			8.0			
SUDU	126	30	ePg	18	20	38.7								
SUDU			Pgm	18	20	38.8	0.20			0.005				
SUDU			eSg	18	20	54.7								
SUDU			Sgm	18	20	55.5	0.61	0.056						
SUDU			Sgm	18	20	57.1	0.45		0.047		7.7	35	7.4	
TARU	210	322	e(Sg)	18	20	14.6								
TARU			Sgm	18	20	15.5	0.42	0.008						
TARU			Sgm	18	20	15.5	0.38		0.009		7.1			
№ 33. 11 мая. Черное море, район 3														
0=4ч 57мин 0.1с, φ=44.66°N, λ=34.46°E, h=10км, $K_П$=6.3±0.3(6) KD=6.9(3)														
ALU	5	298	-iPg	4	57	2.5		-	0.000	-				α=180°
ALU			Pgm	4	57	2.6	0.13			0.049				
ALU			iSg	4	57	4.1								
ALU			Sgm	4	57	5.0	0.28	0.037			6.0			
ALU			Sgm	4	57	5.1	0.20		0.124			15	5.7	
YAL	31	231	e(Sg)	4	57	13.8								
YAL			Sgm	4	57	14.6	0.11		0.010					
YAL			Sgm	4	57	18.9	0.18	0.016			6.4			
SIM	42	320	eSg	4	57	13.9								
SIM			Sgm	4	57	15.2	0.14	0.013			6.2			
SIM			Sgm	4	57	16.3	0.13		0.010					
SUDU	49	59	ePg	4	57	9.5								
SUDU			Pgm	4	57	9.9	0.13			0.005				
SUDU			eSg	4	57	15.7								
SUDU			Sgm	4	57	18.6	0.23		0.015					
SUDU			Sgm	4	57	21.9	0.38	0.034			6.0	30	7.1	
SEV	63	258	ePg	4	57	12.1								
SEV			Pgm	4	57	16.4	0.18			0.001				
SEV			eSg	4	57	20.1								
SEV			Sgm	4	57	21.6	0.13		0.003					
SEV			Sgm	4	57	21.7	0.12	0.003			6.2	35	7.8	
TARU	171	298	e(Sn)	4	57	50.4								
TARU			Snm	4	57	53.2	0.36		0.009					
TARU			Snm	4	57	53.3	0.45	0.009			6.9			
№ 34. 11 мая. Черное море, район 3														
0=4ч 57мин 35.4с, φ=44.66°N, λ=34.46°E, h=10км, $K_П$=4.3±0.5(5) KD=4.9(1)														
ALU	5	298	ePg	4	57	37.7								
ALU			Pgm	4	57	37.8	0.22							
ALU			eSg	4	57	39.3								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			Sgm	4	57	39.5	0.23		0.012					
ALU			Sgm	4	57	40.1	0.31	0.040			4.3	10	4.9	
№ 35. 5 июня. Краснодарский край, район 5														
0=17ч 7мин 18.5с, φ=45,14°N, λ=37.05°E, h=20км, $K_П$=6.7±0.3(3)														
ANN	36	145	+iPg	17	7	26.0								
ANN			Pgm	17	7	26.3	0.20			0.063				
ANN			eSg	17	7	31.1								
ANN			Sgm	17	7	31.4	0.20	0.076						
ANN			Sgm	17	7	31.5	0.40		0.139		7.1			
SUDU	164	261	eSn	17	8	3.2								
SUDU			Snm	17	8	4.2	0.48		0.008					
SUDU			Snm	17	8	5.1	0.64	0.016			6.7			
SEV	274	257	eSn	17	8	26.8								
SEV			Snm	17	8	30.0	0.17	0.001						
SEV			Snm	17	8	30.9	0.35		0.002		6.3			
№ 36. 9 июня. Черное море, район 9														
0=20ч 59мин 58.5с, φ=42.72°N, λ=30.06°E, h=35км, $K_П$=7.8±0.2(3)														
YIGI	226	149	ePn	21	0	29.5								
YIGI			eSn	21	0	52.8								
BTIN	217	123	ePn	21	0	29.6								
BTIN			eSn	21	0	53.6								
TARU	356	33	ePn	21	0	45.6								
TARU			Pnm	21	0	46.2	0.14			0.003				
TARU			eSn	21	1	21.3								
TARU			Snm	21	1	24.8	0.23		0.004					
TARU			Snm	21	1	24.8	0.35	0.010			7.9			
SEV	355	54	ePn	21	0	46.9								
SEV			Pnm	21	0	48.1	0.13			0.001				
SEV			eSn	21	1	23.3								
SEV			Snm	21	1	27.2	0.28	0.002						
SEV			Snm	21	1	27.2	0.21		0.002		7.4			
SUDU	464	57	ePn	21	1	0.1								
SUDU			Pnm	21	1	4.2	0.31			0.005				
SUDU			eSn	21	1	47.7								
SUDU			Snm	21	1	54.0	0.21		0.004					
SUDU			Snm	21	1	58.0	0.56	0.010			8.0			
№ 37. 10 июня. Черное море, район 1														
0=6ч 18мин 46.8с, φ=43.96°N, λ=33.18°E, h=38км, $K_П$=7.3±0.3(4) KD=7.3(1)														
SEV	76	32	iPg	6	19	0.9								
SEV			Pgm	6	19	1.5	0.22			0.005				
SEV			eSg	6	19	11.3								
SEV			Sgm	6	19	11.9	0.42	0.030			7.0			
SEV			Sgm	6	19	12.3	0.30		0.017			27	7.3	
YAL	97	53	eSg	6	19	16.8								
YAL			Sgm	6	19	17.8	0.44	0.013						

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Sgm	6	19	20.4	0.24		0.013		7.0			
TARU	166	343	eSg	6	19	35.6								
TARU			Sgm	6	19	35.7	0.50	0.054			7.9			
TARU			Sgm	6	19	36.8	0.33		0.021					
SUDU	177	54	eSg	6	19	38.3								
SUDU			Sgm	6	19	38.6	0.45	0.020			7.4			
SUDU			Sgm	6	19	38.7	0.34		0.014					
№ 38. 12 июня. Крым, район 2														
0=9ч 1мин 1.0с, φ=44.60°N, λ=34.10°E, h=14км, $K_П$=7.0±0.5(6) KD=7.8(5)														
YAL	13	161	+iPg	9	1	5.0		-	0	+				α=318°
YAL			Pgm	9	1	5.1	0.13			0.174				
YAL			iSg	9	1	7.5								
YAL			Sgm	9	1	7.8	0.11		0.148					
YAL			Sgm	9	1	8.3	0.16	0.128			7.2	31	7.5	
ALU	26	69	ePg	9	1	6.3								
ALU			Pgm	9	1	6.9	0.25			0.006				
ALU			iSg	9	1	10.0								
ALU			Sgm	9	1	10.5	0.27	0.026						
ALU			Sgm	9	1	10.6	0.22	0.050			6.1	40.0	7.6	
SEV	34	260	+iPg	9	1	6.9								α=81°
SEV			Pgm	9	1	7.2	0.20			0.009				
SEV			iSg	9	1	11.6								
SEV			Sgm	9	1	12.3	0.13		0.033		7.2			
SEV			Sgm	9	1	12.4	0.13	0.029				40	8.1	
SIM	39	2	e(Sg)	9	1	14.4								
SIM			Sgm	9	1	15.9	0.13		0.015					
SIM			Sgm	9	1	16.8	0.30	0.048			6.8			
SUDU	78	65	ePg	9	1	14.8								
SUDU			Pgm	9	1	16.1	0.19			0.004				
SUDU			eSg	9	1	24.5								
SUDU			Sgm	9	1	25.6	0.44		0.017					
SUDU			Sgm	9	1	29.0	0.28	0.036			6.7	40	7.6	
TARU	150	306	ePn	9	1	27.5								
TARU			Pnm	9	1	28.9	0.11			0.003				
TARU			eSn	9	1	46.5								
TARU			Snm	9	1	49.1	0.17		0.009					
TARU			Snm	9	1	49.4	0.23	0.025			8.0	50	8.1	
№ 39. 12 июня. Черное море, район 9														
0=17ч 56мин 12.9с, φ=43.19°N, λ=35.46°E, h=21км, $K_П$=8.7±0.5(7) KD=9.5(5)														
MSH=2.6(7), MD=3.0(5)														
YAL	178	324	ePn	17	56	40.0								
YAL			Pnm	17	56	47.8	0.23			0.004				
YAL			eSn	17	57	0.0								
YAL			Snm	17	57	2.3	0.21	0.018						MD=2.8
YAL			Snm	17	57	6.1	0.29		0.044		8.5	70	9.2	MSH=2.2

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU	186	333	ePn	17	56	40.8								
ALU			Pnm	17	56	49.4	0.25			0.01				
ALU			eSn	17	57	1.5								
ALU			Snm	17	57	3.1	0.28	0.075			8.9			MD=2.8
ALU			Snm	17	57	3.3	0.36		0.059			75	8.9	MSH=2.7
SUDU	192	349	ePn	17	56	41.6								
SUDU			Pnm	17	56	46.5	0.23			0.01				
SUDU			eSn	17	57	3.0								
SUDU			Snm	17	57	5.6	0.41	0.113			9.2			MD=3.3
SUDU			Snm	17	57	6.3	0.22		0.016			125	9.9	MSH=2.9
FEO	203	358	ePn	17	56	43.5								
FEO			Pnm	17	56	44.1	0.25			0.031				
FEO			eSn	17	57	6.5								
FEO			Snm	17	57	8.8	0.27		0.072					MD=2.9
FEO			Snm	17	57	10.0	0.27	0.125			9.7	85	9.6	MSH=2.9
SEV	207	317	ePn	17	56	44.0								
SEV			Pnm	17	56	48.9	0.25			0.003				
SEV			eSn	17	57	7.2								
SEV			Snm	17	57	13.9	0.21							MD=3.0
SEV			Snm	17	57	14.4	0.23	0.013			8.0	90	9.7	MSH=2.6
SIM	223	332	eSn	17	57	10.7								
SIM			Snm	17	57	11.2	0.46	0.051			8.4			
SIM			Snm	17	57	11.8	0.22		0.010					MSH=2.3
TARU	337	317	eSn	17	57	35.0								
TARU			Snm	17	57	38.8	0.10		0.003					
TARU			Snm	17	57	40.6	0.19	0.009			8.2			MSH=2.2
№ 40. 19 июня. Крым, район 3														
0=16ч 13мин 50.9с, φ=44.77°N, λ=34.33°E, h=21км, $K_П$=5.9±0.5(5) KD=6.2(2)														
ALU	11	149	ePg	16	13	54.9								
ALU			Pgm	16	13	55.1	0.23			0.011				
ALU			eSg	16	13	57.9								
ALU			Sgm	16	13	59.1	0.28	0.056						
ALU			Sgm	16	13	59.2	0.25		0.015		5.4	15	5.7	
SIM	26	320	-iPg	16	13	57.5		-	+	-				α=119°
SIM			Pgm	16	13	57.6	0.10			0.013				
SIM			iSg	16	14	1.7								
SIM			Sgm	16	14	1.9	0.11		0.026		6.6			
SIM			Sgm	16	14	2.0	0.12	0.014				25	6.7	
YAL	34	204	eSg	16	14	4.0								
YAL			Sgm	16	14	4.4	0.10		0.005		5.6			
YAL			Sgm	16	14	6.0	0.07	0.002						
SUDU	54	76	eSg	16	14	9.2								
SUDU			Sgm	16	14	9.9	0.25		0.006					
SUDU			Sgm	16	14	12.4	0.55	0.016			5.3			
SEV	57	244	eSg	16	14	9.3								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Sgm	16	14	9.9	0.13	0.006			6.4			
SEV			Sgm	16	14	10.2	0.16		0.005					
№ 41. 21 июня. Азовское море, район 7														
0=20ч 27мин 56.1с, φ=45.85°N, λ=35.13°E, h=18км, $K_П$=6.5±0.3(4) KD=7.2(1)														
FEO	95	167	e(Sg)	20	28	25.9								
FEO			Sgm	20	28	28.7	0.27		0.020		6.7			
FEO			Sgm	20	28	29.1	0.28	0.014						
SUDU	108	185	e(Pg)	20	28	16.0								
SUDU			Pgm	20	28	18.4	0.24			0.002				
SUDU			eSg	20	28	29.5								
SUDU			Sgm	20	28	33.2	0.63	0.013			6.0			
SUDU			Sgm	20	28	33.5	0.35		0.007			32	7.2	
SEV	184	218	e(Sn)	20	28	53.2								
SEV			Snm	20	28	54.4	0.31	0.003			6.3			
SEV			Snm	20	28	55.1	0.32		0.002					
TARU	209	256	eSn	20	28	50.7								
TARU			Snm	20	28	51.1	0.41	0.008			6.8			
TARU			Snm	20	28	54.9	0.39		0.006					
№ 42. 24 июня. Черное море, район 1														
0=16ч 26 мин 55,3с, φ=44.39°N, λ=33,74°E, h=28км, $K_П$=6.3±0.3(4) KD=7.0(2)														
SEV	18	346	+iPg	16	27	1.0								
SEV			Pgm	16	27	1.1	0.22			0.011				
SEV			iSg	16	27	5.1								
SEV			Sgm	16	27	5.2	0.23	0.050			6.5			
SEV			Sgm	16	27	5.4	0.17		0.037			22	6.9	
YAL	35	73	e(Sg)	16	27	8.6								
YAL			Sgm	16	27	9.8	0.21		0.009					
YAL			Sgm	16	27	10.3	0.12	0.003			5.7			
ALU	62	60	e(Sg)	16	27	14.5								
ALU			Sgm	16	27	18.3	0.25	0.027			6.4			
ALU			Sgm	16	27	18.7	0.27		0.014					
SUDU	114	62	-iPg	16	27	15.0								
SUDU			Pgm	16	27	15.1	0.16			0.004				
SUDU			iSg	16	27	29.3								
SUDU			Sgm	16	27	29.8	0.38	0.014			6.6			
SUDU			Sgm	16	27	30.5	0.27		0.009			30	7.1	
№ 43. 8 июля. Черное море, район 5														
0=23ч 3мин 0.4с, φ=44.64°N, λ=36.58°E, h=10км, $K_П$=7.1±0.5(6) KD=7.7(2)														
ANN	64	63	ePg	23	3	11.7								
ANN			Pgm	23	3	12.0	0.20			0.033				
ANN			eSg	23	3	19.4								
ANN			Sgm	23	3	20.0	0.40	0.306						
ANN			Sgm	23	3	20.1	0.40		0.263		8.1			
FEO	103	293	e(Sg)	23	3	31.2								
FEO			Sgm	23	3	31.6	0.36	0.015			6.3			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FEO			Sgm	23	3	31.6	0.24		0.008					
SUDU	128	281	eSg	23	3	38.2								
SUDU			Sgm	23	3	38.4	0.20	0.015						
SUDU			Sgm	23	3	38.4	0.33		0.009		7.3			
YAL	193	264	e(Pn)	23	3	31.6								
YAL			Pnm	23	3	32.5	0.19			0.006				
YAL			eSn	23	3	54.1								
YAL			Snm	23	3	54.9	0.17	0.004			7.4	35	7.8	
YAL			Snm	23	3	55.1	0.20		0.011					
SEV	230	267	ePn	23	3	35.1								
SEV			Pnm	23	3	36.4	0.27			0.001				
SEV			eSn	23	4	1.6								
SEV			Snm	23	4	2.3	0.30		0.005		7.0			
SEV			Snm	23	4	2.8	0.38	0.005				32	7.6	
TARU	328	284	ePn	23	3	47.6								
TARU			eSn	23	4	21.9								
TARU			Snm	23	4	22.0	0.26	0.001						
TARU			Snm	23	4	27.9	0.33		0.002		6.4			
№ 44. 9 июля. Черное море, район 2														
0=19ч 43мин 22.0с, φ=44.47°N, λ=34.21°E, h=17км, $K_П$=5.9±0.2(3) KD=6.1(3)														
YAL	5	294	-iPg	19	43	25.1								
YAL			Pgm	19	43	25.2	0.1			0.011				
YAL			eSg	19	43	27.2								
YAL			Sgm	19	43	27.4	0.16		0.081		6.1			
YAL			Sgm	19	43	27.7	0.16	0.045				11	5.4	
ALU	28	33	e(Pg)	19	43	27.4								
ALU			Pgm	19	43	28.6	0.16			0.008				
ALU			e(Sg)	19	43	31.5								
ALU			Sgm	19	43	31.6	0.18		0.003					
ALU			Sgm	19	43	32.8	0.30	0.011			(4.7)			
SEV	43	281	ePg	19	43	29.5								
SEV			Pgm	19	43	29.8	0.14			0.001				
SEV			eSg	19	43	35.4								
SEV			Sgm	19	43	35.7	0.20	0.007						
SEV			Sgm	19	43	36.4	0.17		0.007		5.9	19	6.7	
SUDU	77	53	e(Pg)	19	43	35.2								
SUDU			Pgm	19	43	35.8	0.16			0.003				
SUDU			eSg	19	43	44.9								
SUDU			Sgm	19	43	45.4	0.22		0.003					
SUDU			Sgm	19	43	45.4	0.25	0.006			5.6	20	6.2	
№ 45. 13 июля. Крым, район 2														
0=15ч 25мин 24.7с, φ=44.68°N, λ=34.24°E, h=12км, $K_П$=5.4±0.3(3) KD=5.7(1)														
ALU	13	89	ePg	15	25	27.8								
ALU			Pgm	15	25	28.9	0.11			0.003				
ALU			eSg	15	25	30.0								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			Sgm	15	25	30.3	0.19	0.067			5.6			
ALU			Sgm	15	25	30.3	0.22		0.021			12	5.7	
YAL	22	197	eSg	15	25	32.5								
YAL			Sgm	15	25	32.8	0.18	0.011						
YAL			Sgm	15	25	32.8	0.17		0.022		5.6			
SEV	47	251	eSg	15	25	39.4								
SEV			Sgm	15	25	39.5	0.19	0.002			4.9			
SEV			Sgm	15	25	40.4	0.13		0.001					
№ 46. 17 июля. Черное море, район 5														
0=7ч 3мин 1.4с, φ=44.66°N, λ=37.43°E, h=24км, $K_П$=8.2±0.2(6) KD=8.6(1)														
ANN	26	340	ePg	7	3	7.7								
ANN			Pgm	7	3	8.2	0.30			0.346				
ANN			eSg	7	3	12.0								
ANN			Sgm	7	3	12.3	0.30		0.805					
ANN			Sgm	7	3	12.5	0.20	0.591			8.0			
SUDU	194	278	ePn	7	3	30.0								
SUDU			Pnm	7	3	30.5	0.23			0.007				
SUDU			eSn	7	3	51.3								
SUDU			Snm	7	3	52.6	0.36		0.017					
SUDU			Snm	7	3	52.8	0.39	0.066			8.6	65	8.6	
ALU	239	272	eSn	7	4	1.2								
ALU			Snm	7	4	4.1	0.33		0.011					
ALU			Snm	7	4	4.7	0.28	0.020			8.1			
YAL	260	267	eSn	7	4	7.2								
YAL			Snm	7	4	8.9	0.31		0.031		8.2			
YAL			Snm	7	4	9.3	0.29	0.016						
SIM	263	278	eSn	7	4	7.3								
SIM			Snm	7	4	8.3	0.29	0.014						
SIM			Snm	7	4	10.6	0.32		0.018		8.1			
SEV	297	269	eSn	7	4	13.7								
SEV			Snm	7	4	16.1	0.34	0.011						
SEV			Snm	7	4	16.6	0.33		0.014		8.1			
№ 47. 18 июля. Крым, район 2														
0=20ч 34мин 3.1с, φ=44.62°N, λ=34.30°E, h=13км, $K_П$=8.4±0.3(6) KD=8.8(7)														
ALU	11	50	+iPg	20	34	5.7		+	+	+				**
ALU			Pgm	20	34	5.9	0.17			0.241				
ALU			iSg	20	34	8.0								
ALU			Sgm	20	34	8.3	0.30		0.457					α=225°
ALU			Sgm	20	34	8.9	0.27	0.508				60	8.5	
YAL	19	218	+iPg	20	34	7.9		-	-	+				α=25°
YAL			Pgm	20	34	9.5	0.14			0.15				
YAL			iSg	20	34	10.7								
YAL			Sgm	20	34	10.9	0.19	0.482						
YAL			Sgm	20	34	10.9	0.18		0.970		8.6	55	8.6	
SIM	39	338	-iPg	20	34	11.0		-	0	-				α=171°

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SIM			Pgm	20	34	11.5	0.24			0.13				
SIM			iSg	20	34	16.3								
SIM			Sgm	20	34	16.5	0.27	0.226			8.2			
SIM			Sgm	20	34	16.7	0.22		0.079			70	8.7	
SEV	50	260	+iPg	20	34	11.0		-	-	+				α=81°
SEV			Pgm	20	34	14.3	0.17			0.14				
SEV			iSg	20	34	16.6								
SEV			Sgm	20	34	18.7	0.27	0.077						
SEV			Sgm	20	34	21.2	0.27		0.089		7.7	75	9.3	
SUDU	63	61	-iPg	20	34	14.0								
SUDU			Pgm	20	34	21.9	0.33			0.041				
SUDU			iSg	20	34	22.8								
SUDU			Sgm	20	34	23.4	0.40	0.437			8.7			
SUDU			Sgm	20	34	24.3	0.30		0.172			70	8.8	
FEO	97	62	ePg	20	34	18.6								
FEO			Pgm	20	34	19.8	0.16			0.023				
FEO			eSg	20	34	31.6								
FEO			Sgm	20	34	36.7	0.23		0.040					
FEO			Sgm	20	34	37.2	0.20	0.043			8.3	50	8.9	
TARU	162	302	ePn	20	34	30.5								
TARU			Pnm	20	34	32.9	0.20			0.002				
TARU			eSn	20	34	50.9								
TARU			Snm	20	34	53.3	0.34	0.063						
TARU			Snm	20	34	53.6	0.31		0.088		8.9	80	9.0	
№ 48. 18 июля. Крым, район 2														
0=20ч 38мин 1.9с, φ=44.61°N, λ=34.36°E, h=16км, $K_П$=5.4±0.3(5) KD=5.9(2)														
ALU	9	23	ePg	20	38	5.2								
ALU			Pgm	20	38	5.6	0.11			0.002				
ALU			eSg	20	38	7.5								
ALU			Sgm	20	38	7.8	0.20	0.083			5.8			
ALU			Sgm	20	38	7.8	0.30		0.032			16	5.8	
YAL	21	230	e(Pg)	20	38	7.5								
YAL			Pgm	20	38	7.6	0.08			0.002				
YAL			eSg	20	38	10.2								
YAL			Sgm	20	38	10.5	0.18		0.025		5.4			
YAL			Sgm	20	38	11.3	0.14	0.010				14	6.0	
SIM	42	333	eSg	20	38	15.8								
SIM			Sgm	20	38	16.0	0.39	0.014			5.6			
SIM			Sgm	20	38	16.0	0.23		0.005					
SEV	54	262	eSg	20	38	16.4								
SEV			Sgm	20	38	16.6	0.30	0.003			4.7			
SEV			Sgm	20	38	20.8	0.23		0.002					
SUDU	59	58	eSg	20	38	22.4								
SUDU			Sgm	20	38	22.9	0.36	0.010			5.5			
SUDU			Sgm	20	38	26.4	0.34		0.007					

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ 49. 18 июля. Крым, район 2														
0=21ч 0мин 8.9с, φ=44.59°N, λ=34.34°E, h=12км, $K_П$=4.7±0.4(3) KD=5.3(2)														
ALU	11	26	+iPg	21	0	11.8								
ALU			Pgm	21	0	11.9	0.16			0.006				
ALU			iSg	21	0	14.0								
ALU			Sgm	21	0	14.3	0.22		0.008					
ALU			Sgm	21	0	14.4	0.19	0.036			5.1	12	5.2	
YAL	19	232	ePg	21	0	12.9								
YAL			Pgm	21	0	13.0	0.07			0.001				
YAL			eSg	21	0	15.7								
YAL			Sgm	21	0	15.9	0.17	0.006						
YAL			Sgm	21	0	15.9	0.18		0.011		4.7	10	5.3	
SUDU	62	57	eSg	21	0	28.0								
SUDU			Sgm	21	0	28.3	0.23		0.002					
SUDU			Sgm	21	0	34.1	0.38	0.003			4.4			
№ 50. 19 июля. Крым, район 2														
0=11ч 7мин 10.9с, φ=44.67°N, λ=34.22°E, h=10км, $K_П$=6.6±0.3(6) KD=6.9(3)														
ALU	15	85	+iPg	11	7	13.6								
ALU			Pgm	11	7	13.8	0.16			0.029				
ALU			iSg	11	7	15.9								
ALU			Sgm	11	7	16.2	0.20	0.307			7.0			
ALU			Sgm	11	7	16.2	0.31		0.134			20	6.2	
YAL	21	194	+iPg	11	7	15.4								
YAL			Pgm	11	7	17.0	0.13			0.018				
YAL			iSg	11	7	18.3								
YAL			Sgm	11	7	18.5	0.20		0.122		6.7			
YAL			Sgm	11	7	20.7	0.17	0.059				22	6.9	
SIM	32	345	eSg	11	7	23.8								
SIM			Sgm	11	7	24.0	0.25	0.017						
SIM			Sgm	11	7	24.4	0.25		0.016		6.0			
SEV	45	252	e(Pg)	11	7	17.7								
SEV			Pgm	11	7	18.3	0.14			0.002				
SEV			e(Sg)	11	7	24.7								
SEV			Sgm	11	7	25.9	0.14		0.005					
SEV			Sgm	11	7	26.8	0.19	0.008			6.2	30	7.5	
SUDU	66	68	eSg	11	7	31.1								
SUDU			Sgm	11	7	31.5	0.38	0.034						
SUDU			Sgm	11	7	32.1	0.33		0.017		6.5			
TARU	154	301	eSn	11	7	58.9								
TARU			Snm	11	7	59.9	0.37	0.007						
TARU			Snm	11	8	1.1	0.30		0.009		6.9			
№ 51. 19 июля. Крым, район 2														
0=12ч 43мин 13.0с, φ=44.66°N, λ=34.23°E, h=11км, $K_П$=6.6±0.3(6) KD=7.0(3)														
ALU	14	80	+iPg	12	43	16.1		+	+	+				α=193°
ALU			Pgm	12	43	16.3	0.17			0.039				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			iSg	12	43	18.4								
ALU			Sgm	12	43	18.7	0.19	0.269			6.9			
ALU			Sgm	12	43	18.8	0.28		0.100			28	6.9	
YAL	20	197	+iPg	12	43	17.9								
YAL			Pgm	12	43	18.1	0.07			0.007				
YAL			iSg	12	43	20.8								
YAL			Sgm	12	43	20.9	0.18	0.052						
YAL			Sgm	12	43	23.2	0.18		0.087		6.5	20	6.7	
SIM	33	344	e(Sg)	12	43	25.3								
SIM			Sgm	12	43	26.8	0.12		0.010					
SIM			Sgm	12	43	27.0	0.17	0.012			6.0			
SEV	15	254	ePg	12	43	21.5								
SEV			Pgm	12	43	21.8	0.19			0.002				
SEV			eSg	12	43	27.2								
SEV			Sgm	12	43	28.4	0.11		0.008		6.4			
SEV			Sgm	12	43	28.5	0.14	0.008				35	7.4	
SUDU	66	67	eSg	12	43	32.9								
SUDU			Sgm	12	43	34.4	0.30		0.013					
SUDU			Sgm	12	43	37.3	0.52	0.043			6.4			
TARU	155	301	eSg	12	43	59.8								
TARU			Sgm	12	44	2.9	0.08		0.004					
TARU			Sgm	12	44	3.7	0.09	0.004			7.3			
№ 52. 21 июля Черное море, район 1														
0=1ч 23мин 38.4с, φ=44.33°N, λ=33.87°E, h=21км, $K_П$=6.7±0.5(5) KD=7.0(4)														
SEV	28	329	+iPg	1	23	44.1								
SEV			Pgm	1	23	44.5	0.16			0.002				
SEV			iSg	1	23	48.8								
SEV			Sgm	1	23	49.5	0.20	0.007						
SEV			Sgm	1	23	49.5	0.11		0.006		5.5	24	7.1	
YAL	29	54	-iPg	1	23	44.1								
YAL			Pgm	1	23	44.2	0.08			0.010				
YAL			iSg	1	23	49.2								
YAL			Sgm	1	23	49.8	0.15		0.024		6.7			
YAL			Sgm	1	23	51.0	0.16	0.013				20	6.7	
ALU	58	49	ePg	1	23	47.5								
ALU			Pgm	1	23	47.6	0.19			0.002				
ALU			iSg	1	23	55.3								
ALU			Sgm	1	23	55.7	0.20	0.073			7.4			
ALU			Sgm	1	23	55.7	0.27		0.027			33	7.3	
SUDU	109	56	+iPg	1	23	55.1								
SUDU			Pgm	1	23	56.9	0.27			0.006				
SUDU			iSg	1	24	9.1								
SUDU			Sgm	1	24	9.5	0.33	0.039			7.6			
SUDU			Sgm	1	24	9.5	0.16		0.016			29	7.0	
TARU	157	320	e	1	24	4.3								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TARU			e(Sn)	1	24	23.2								
TARU			Snm	1	24	26.2	0.10	0.001			6.4			
TARU			Snm	1	24	27.2	0.18		0.003					
№ 53. 24 июля. Крым, район 3														
0=17ч 27мин 32.8с, φ=44.75°N, λ=34.35°E, h=20км, $K_П$=5.8±0.3(5) KD=5.4(2)														
ALU	9	152	+iPg	17	27	36.7								
ALU			Pgm	17	27	36.8	0.20			0.008				
ALU			iSg	17	27	39.4								
ALU			Sgm	17	27	40.7	0.30	0.143			6.0			
ALU			Sgm	17	27	40.7	0.20		0.030			13	5.4	
SIM	29	322	-iPg	17	27	39.2								α=153°
SIM			Pgm	17	27	39.2	0.07			0.005				
SIM			iSg	17	27	43.6								
SIM			Sgm	17	27	43.8	0.11	0.009	0.015		6.1	12	5.4	
YAL	33	209	e(Sg)	17	27	44.9								
YAL			Sgm	17	27	45.0	0.17		0.007		5.6			
YAL			Sgm	17	27	45.6	0.18	0.004						
SEV	58	248	e(Sg)	17	27	49.7								
SEV			Sgm	17	27	50.3	0.27		0.004					
SEV			Sgm	17	27	50.6	0.27	0.008			6.1			
SUDU	53	74	e(Sg)	17	27	50.7								
SUDU			Sgm	17	27	51.4	0.31		0.006					
SUDU			Sgm	17	27	52.3	0.31	0.010			5.4			
№ 54. 24 июля. Крым, район 2														
0=23ч 40мин 58.7с, φ=44.52°N, λ=34.11°E, h=16км, $K_П$=4.7±0.1(3) KD=4.3(1)														
YAL	5	137	+iPg	23	40	1.7								
YAL			Pgm	23	40	1.8	0.07			0.004				
YAL			iSg	23	40	3.8								
YAL			Sgm	23	40	3.8	0.11	0.010						
YAL			Sgm	23	40	3.9	0.12		0.012		4.7	6	4.3	
ALU	29	54	e(Sg)	23	41	9.0								
ALU			Sgm	23	41	9.1	0.27	0.009						
ALU			Sgm	23	41	9.1	0.23		0.004		4.7			
SEV	34	276	eSg	23	41	10.3								
SEV			Sgm	23	41	10.6	0.19		0.003					
SEV			Sgm	23	41	10.7	0.20	0.002			4.8			
№ 55. 29 июля. Черное море, район 5														
0=16ч 34мин 14.1с, φ=44.60°N, λ=36.53°E, h=9км, $K_П$=7.9±0.5(7) KD=8.8(2)														
ANN	70	63	ePg	16	34	26.6								
ANN			Pgm	16	34	27.1	0.30			0.160				
ANN			eSg	16	34	34.7								
ANN			Sgm	16	34	35.5	0.20	1.275			9.2			
ANN			Sgm	16	34	35.6	0.20		1.254					
FEO	101	298	e(Sg)	16	34	44.2								
FEO			Sgm	16	34	46.5	0.25	0.029			7.1			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FEO			Sgm	16	34	48.3	0.30		0.033					
SUDU	125	286	ePg	16	34	35.9								
SUDU			Pgm	16	34	37.4	0.20			0.005				
SUDU			iSg	16	34	51.1								
SUDU			Sgm	16	34	55.0	0.32		0.017					
SUDU			Sgm	16	34	55.3	0.34	0.042			7.7	66	8.6	
YAL	189	267	e(Sn)	16	35	7.7								
YAL			Snm	16	35	8.8	0.24		0.013		8.0			
SIM	195	283	e(Sn)	16	35	7.9								
SIM			Snm	16	35	12.6	0.31		0.009					
SIM			Snm	16	35	12.7	0.25	0.010			8.2			
GOYR	229	99	ePn	16	34	49.0								
SEV	226	270	ePn	16	34	49.3								
SEV			Pnm	16	34	54.0	0.22			0.002				
SEV			iSn	16	35	14.4								
SEV			Snm	16	35	15.3	0.25		0.005					
SEV			Snm	16	35	15.9	0.25	0.008			7.6	61	8.9	
GUZR	293	102	ePn	16	34	57.0								
VSLR	307	113	ePn	16	34	59.3								
TARU	326	287	e(Sn)	16	35	35.5								
TARU			Snm	16	35	38.3	0.21		0.003		7.1			
TARU			Snm	16	35	40.0	0.22	0.003						
№ 56. 1 августа. Крым, район 2														
0=23ч 11мин 37.3с, φ=44.52°N, λ=34.11°E, h=16км, $K_П$=3.9 (1)														
YAL	5	137	eSg	23	11	39.2								
YAL			Sgm	23	11	39.3	0.10	0.004						
YAL			Sgm	23	11	39.3	0.14		0.005		3.9			
№ 57. 1 августа. Крым, район 2														
0=23ч 14мин 36.6с, φ=44.52°N, λ=34.11°E, h=16км, $K_П$=4.5±0.4(2)														
YAL	5	137	iSg	23	14	38.5								
YAL			Sgm	23	14	38.6	0.10	0.012	0.010		4.9			
SEV	34	276	e(Sg)	23	14	44.9								
SEV			Sgm	23	14	45.9	0.28	0.002			4.1			
SEV			Sgm	23	14	45.9	0.18		0.001					
№ 58. 2 августа. Крым, район 2														
0=2ч 41мин 44.1с, φ=44.52°N, λ=34.11°E, h=16км, $K_П$=4.8±0.3(2)														
YAL	5	137	e(Pg)	2	41	47.1								
YAL			eSg	2	41	49.2								
YAL			Sgm	2	41	49.3	0.10	0.014						
YAL			Sgm	2	41	49.3	0.12		0.019		5.1			
SEV	34	276	eSg	2	41	55.5								
SEV			Sgm	2	41	55.6	0.28	0.002						
SEV			Sgm	2	41	56.4	0.41		0.005		4.5			
№ 59. 5 августа. Черное море, район 1														
0=13ч 45мин 50.9с, φ=43,97°N, λ=33.26°E, h=27км, $K_П$=6,9±0.5(3) KD=6,7(1)														

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV	73	27	e(Pg)	13	46	4.3								
SEV			Pgm	13	46	6.7	0.24			0.003				
SEV			eSg	13	46	13.4								
SEV			Sgm	13	46	15.0	0.29	0.010			6.2			
SEV			Sgm	13	46	15.0	0.34		0.009			20	6.7	
TARU	167	340	e(Pg)	13	46	19.9								
TARU			eSg	13	46	39.6								
TARU			Sgm	13	46	40.8	0.34		0.019					
TARU			Sgm	13	46	41.4	0.46	0.020			7.5			
SUDU	172	53	eSg	13	46	40.7								
SUDU			Sgm	13	46	41.0	0.31	0.010			7.1			
SUDU			Sgm	13	46	41.0	0.34		0.005					
№ 60. 19 августа. Крым, район 3														
0=1ч 54мин 17.3с, φ=44.76°N, λ=34.40°E, h=20км, $K_П$=5.5±0.2(5) KD=6.1(2)														
ALU	9	178	+iPg	1	54	21.3								
ALU			Pgm	1	54	21.5	0.16			0.019				
ALU			iSg	1	54	24.0								
ALU			Sgm	1	54	25.2	0.28	0.045						
ALU			Sgm	1	54	25.2	0.22		0.015		5.1	20	6.3	
SIM	31	313	-iPg	1	54	24.0		-	+	-				α=154°
SIM			Pgm	1	54	24.2	0.07			0.005				
SIM			iSg	1	54	28.6								
SIM			Sgm	1	54	28.9	0.11	0.008						
SIM			Sgm	1	54	28.9	0.10		0.008		5.8	16	5.9	
YAL	36	213	eSg	1	54	29.8								
YAL			Sgm	1	54	31.5	0.10		0.004					
YAL			Sgm	1	54	31.9	0.11	0.004			5.6			
SUDU	49	73	eSg	1	54	32.4								
SUDU			Sgm	1	54	35.0	0.25		0.008					
SUDU			Sgm	1	54	35.2	0.33	0.020			5.6			
SEV	62	247	eSg	1	54	35.9								
SEV			Sgm	1	54	36.2	0.22	0.003						
SEV			Sgm	1	54	36.4	0.23		0.003		5.6			
№ 61. 20 августа. Черное море, район 5														
0=6ч 49мин 34.2с, φ=43.65°N, λ=36.47°E, h=28км, $K_П$=9.5±0.3(8) KD=9.7(6)														
MSH=2.9(7), MD=3.1(6)														
ANN	152	26	ePn	6	49	56.9								
ANN			Pnm	6	49	58.7	0.40			0.034				
ANN			eSn	6	50	14.1								
ANN			Snm	6	50	14.4	0.30	0.148						
ANN			Snm	6	50	14.4	0.30		0.439		9.3			
FEO	175	331	eSn	6	50	20.4								
FEO			Snm	6	50	25.6	0.25	0.094			9.0			
FEO			Snm	6	50	30.4	0.25		0.059					MSH=2.6
SUDU	181	320	-iPn	6	50	1.3								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Pnm	6	50	8.9	0.27			0.02				
SUDU			eSn	6	50	21.7								
SUDU			Snm	6	50	22.5	0.23		0.072					MD=3.1
SUDU			Snm	6	50	22.7	0.25	0.115			9.4	100	9.5	MSH=2.7
ALU	201	306	ePn	6	50	3.0								
ALU			Pnm	6	50	6.7	0.23			0.017				
ALU			eSn	6	50	24.5								
ALU			Snm	6	50	25.1	0.22	0.135			9.8			MD=3.2
ALU			Snm	6	50	25.4	0.22		0.051			110	9.7	MSH=2.8
YAL	207	298	ePn	6	50	5.0								
YAL			Pnm	6	50	5.7	0.21			0.042				
YAL			e(Sn)	6	50	26.8								
YAL			Snm	6	50	27.3	0.28	0.225						MD=3.1
YAL			Snm	6	50	27.5	0.39		0.373		9.8	100	9.8	MSH=3.5
SIM	236	309	ePn	6	50	8.0								
SIM			Pnm	6	50	15.2	0.31			0.048				
SIM			eSn	6	50	33.0								
SIM			Snm	6	50	34.4	0.22		0.069		9.7			MD=3.0
SIM			Snm	6	50	36.9	0.30	0.062				85	9.8	MSH=3.0
SEV	244	295	+iPn	6	50	8.0								
SEV			Pnm	6	50	10.5	0.23			0.013				
SEV			eSn	6	50	34.0								
SEV			Snm	6	50	36.5	0.25	0.078			9.6			MD=3.0
SEV			Snm	6	50	36.5	0.23		0.071			90	9.7	MSH=3.0
SOC	262	91	eP	6	50	11.2								
SOC			eS	6	50	39.0								
TARU	366	303	ePn	6	50	24.8								
TARU			Pnm	6	50	31.5	0.40			0.011				
TARU			eSn	6	51	2.3								
TARU			Snm	6	51	11.1	0.25		0.026		9.1			MD=3.1
TARU			Snm	6	51	12.1	0.26	0.012				102	9.4	MSH=2.8
№ 62. 21 августа. Крым, район 3														
0=7ч 8мин 21.8с, φ=44.74°N, λ=34.30°E, h=19км, $K_П$=6,2±0.2(5) KD=5.5(2)														
ALU	10	130	+iPg	7	8	25.4								
ALU			Pgm	7	8	25.4	0.16			0.013				
ALU			iSg	7	8	28.1								
ALU			Sgm	7	8	28.6	0.22		0.074					
ALU			Sgm	7	8	30.5	0.19	0.116			6.2	16	5.8	
SIM	27	329	-iPg	7	8	28.2								
SIM			Pgm	7	8	28.2	0.07			0.011				
SIM			eSg	7	8	32.4								
SIM			Sgm	7	8	32.7	0.10		0.010		5.8			
SIM			Sgm	7	8	32.8	0.12	0.011				11	5.2	
YAL	30	204	e(Sg)	7	8	34.6								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Sgm	7	8	34.7	0.21		0.014		6.1			
YAL			Sgm	7	8	35.7	0.15	0.007						
SEV	54	248	iSg	7	8	39.7								
SEV			Sgm	7	8	40.2	0.20	0.008			6.5			
SEV			Sgm	7	8	40.6	0.15		0.005					
SUDU	57	74	eSg	7	8	40.8								
SUDU			Sgm	7	8	42.1	0.27		0.012					
SUDU			Sgm	7	8	42.4	0.31	0.026			6.3			
№ 63. 21 августа. Черное море, район 4														
0=14ч 39мин 56.0с, φ=44.50°N, λ=35.34°E, h=5км, $K_П$=7.4±0.4(7) KD=7.3(3)														
SUDU	51	328	-iPg	14	40	4.4								
SUDU			Pgm	14	40	4.7	0.25			0.008				
SUDU			iSg	14	40	10.0								
SUDU			Sgm	14	40	10.7	0.50	0.144			6.9			
SUDU			Sgm	14	40	13.9	0.33		0.055			39	7.6	
FEO	57	4	Sgm	14	40		0.27	0.134						*
FEO			Sgm	14	40		0.23		0.141		8.1	22	7.3	Sg–Pg=7.7
ALU	77	285	e(Pg)	14	40	8.3								
ALU			Pgm	14	40	8.6	0.17			0.005				
ALU			iSg	14	40	16.8								
ALU			Sgm	14	40	19.2	0.28		0.047					
ALU			Sgm	14	40	20.5	0.28	0.094			7.7	30	7.1	
YAL	94	269	e(Sg)	14	40	23.2								
YAL			Sgm	14	40	23.5	0.14		0.009		6.9			
YAL			Sgm	14	40	23.9	0.17	0.010						
SIM	109	298	e(Sg)	14	40	26.0								
SIM			Sgm	14	40	27.4	0.28	0.017			7.6			
SIM			Sgm	14	40	30.9	0.37		0.011					
SEV	132	273	e(Sg)	14	40	32.3								
SEV			Sgm	14	40	35.4	0.25		0.006		7.0			
SEV			Sgm	14	40	36.2	0.28	0.005						
TARU	241	295	e(Sn)	14	41	0.4								
TARU			Snm	14	41	2.8	0.26	0.001						
TARU			Snm	14	41	2.8	0.34		0.007		7.6			
№ 64. 31 августа. Черное море, район 4														
0=5ч 41мин 26.4с, φ=44.68°N, λ=35.30°E h=20км, $K_П$=5.7 (1) KD=6.9(1)														
SUDU	33	315	e(Pg)	5	41	32.6								
SUDU			Pgm	5	41	34.5	0.34			0.008				
SUDU			iSg	5	41	37.0								
SUDU			Sgm	5	41	38.0	0.38	0.046			5.7			
SUDU			Sgm	5	41	38.6	0.23		0.016			27	6.9	
№ 65. 31 августа. Черное море, район 4														
0=17ч 17мин 12.1с, φ=44.68°N, λ=35.30°E, h=20км, $K_П$=6.5±0.4(2) KD=7.4(1)														
SUDU	33	315	ePg	17	17	19.3								
SUDU			Pgm	17	17	19.6	0.27			0.007				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			iSg	17	17	24.2								
SUDU			Sgm	17	17	25.1	0.36	0.054			6.1			
SUDU			Sgm	17	17	25.8	0.31		0.025			35	7.4	
FEO	38	11	iSg	17	17	25.6								
FEO			Sgm	17	17	25.9	0.30		0.045					
FEO			Sgm	17	17	26.2	0.21	0.054			6.8			
№ 66. 31 августа. Черное море, район 4														
0=20ч 6мин 35.7с, φ=44.68°N, λ=35.30°E, h=20км, $K_П$=5.9±0.1(2) KD=6.2(1)														
SUDU	33	315	ePg	20	6	42.9								
SUDU			Pgm	20	6	44.4	0.18			0.003				
SUDU			eSg	20	6	47.9								
SUDU			Sgm	20	6	48.9	0.25	0.020			5.6			
SUDU			Sgm	20	6	49.4	0.17		0.009			17	6.2	
FEO	38	11	e(Sg)	20	6	49.2								
FEO			Sgm	20	6	50.3	0.16		0.011		6.1			
FEO			Sgm	20	6	50.6	0.17	0.020						
№ 67. 31 августа. Черное море, район 4														
0=23ч 4мин 44.2с, φ=44.68°N, λ=35.30°E, h=20км, $K_П$=5.9±0.1(2) KD=6.7(1)														
SUDU	33	315	ePg	23	4	51.6								
SUDU			Pgm	23	4	53.1	0.17			0.004				
SUDU			iSg	23	4	56.6								
SUDU			Sgm	23	4	57.8	0.25	0.026			5.8			
SUDU			Sgm	23	4	58.1	0.23		0.011			25	6.7	
FEO	38	11	e(Sg)	23	4	59.4								
FEO			Sgm	23	4	59.8	0.22		0.020					
FEO			Sgm	23	5	0.7	0.2	0.022			6.0			
№ 68. 1 сентября. Черное море, район 5														
0=19ч 2мин 43.1с, φ=45.15°N, λ=36.53°E, h=11км, $K_П$=7.1±0.5(4)														
ANN	69	116	ePg	19	2	55.5								
ANN			Pgm	19	2	55.9	0.30			0.032				
ANN			eSg	19	3	3.9								
ANN			Sgm	19	3	4.4	0.20	0.283			8.0			
SUDU	124	257	eSg	19	3	20.5								
SUDU			Sgm	19	3	21.4	0.31	0.017			7.0			
SUDU			Sgm	19	3	21.4	0.48		0.008					
YAL	201	250	eSn	19	3	37.4								
YAL			Snm	19	3	38.3	0.20	0.005						
YAL			Snm	19	3	38.3	0.22		0.005		6.6			
SEV	234	254	eSn	19	3	44.6								
SEV			Snm	19	3	45.3	0.33	0.004			6.8			
SEV			Snm	19	3	45.3	0.48		0.005					
№ 69. 2 сентября. Черное море, район 1														
0=7ч 58мин 22.7с, φ=44.39°N, λ=32.49°E, h=20км, $K_П$=7.6±0.2(4) KD=7.5(2)														
SEV	96	79	e(Pg)	7	58	40.3								
SEV			Pgm	7	58	41.0	0.19			0.004				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			eSg	7	58	52.3								
SEV			Sgm	7	58	54.2	0.28		0.012					
SEV			Sgm	7	58	55.3	0.50	0.038			7.3	32	7.6	
TARU	110	2	ePg	7	58	43.1								
TARU			Pgm	7	58	43.4	0.10			0.013				
TARU			eSg	7	58	57.0								
TARU			Sgm	7	58	58.6	0.10	0.012						
TARU			Sgm	7	58	59.9	0.11		0.017		7.8	33	7.3	
SIM	143	64	eSg	7	59	6.6								
SIM			Sgm	7	59	6.7	0.37	0.028			7.5			
SIM			Sgm	7	59	8.0	0.42		0.022					
SUDU	206	73	Snm	7	59		0.28		0.008					*
SUDU			Snm	7	59		0.45	0.023			7.7			Sn-Pn=23.9 *c*
№ 70. 3 сентября. Черное море, район 5														
0=19ч 45мин 51.3с, φ=45.04°N, λ=36.83°E, h=9км, $K_П$=7.0±0.1(4) KD=6.9(1)														
ANN	42	115	ePg	19	45	58.8								
ANN			Pgm	19	45	59.0	0.20			0.017				
ANN			eSg	19	46	3.9								
ANN			Sgm	19	46	4.3	0.10		0.067					
ANN			Sgm	19	46	4.4	0.20	0.171			7.0			
SUDU	145	264	e(Pg)	19	46	16.7								
SUDU			Pgm	19	46	17.1	0.36			0.003				
SUDU			eSg	19	46	34.6								
SUDU			Sgm	19	46	35.3	0.38	0.016			7.1			
SUDU			Sgm	19	46	35.3	0.27		0.005			28	6.9	
YAL	220	255	eSn	19	46	50.4								
YAL			Snm	19	46	50.8	0.23	0.005						
YAL			Snm	19	46	50.8	0.21		0.006		7.0			
SEV	255	259	eSn	19	46	56.8								
SEV			Snm	19	46	58.5	0.31		0.002					
SEV			Snm	19	47	0.5	0.39	0.004			6.7			
№ 71. 5 сентября. Черное море, район 5														
0=14ч 24мин 56.3с, φ=44.62°N, λ=36.77°E, h=4км, $K_П$=8.2±0.2(6) KD=8.4(3)														
ANN	52	55	ePg	14	25	5.4								
ANN			Pgm	14	25	5.8	0.20			0.200				
ANN			eSg	14	25	11.3								
ANN			Sgm	14	25	11.6	0.40	0.278						
ANN			Sgm	14	25	11.6	0.20		0.266		7.9			
SUDU	143	283	ePg	14	25	20.6								
SUDU			Pgm	14	25	20.7	0.34			0.005				
SUDU			eSg	14	25	37.4								
SUDU			Sgm	14	25	39.0	0.20		0.024					
SUDU			Sgm	14	25	39.3	0.58	0.143			8.5	60	8.4	
YAL	208	267	ePn	14	25	29.8								
YAL			Pnm	14	25	29.9	0.10			0.002				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			eSn	14	25	53.8								
YAL			Snm	14	25	55.7	0.34	0.033			8.3	46	8.3	
YAL			Snm	14	25	56.2	0.26		0.039					
SIM	213	281	eSn	14	25	54.2								
SIM			Snm	14	25	54.5	0.35	0.024			8.3			
SIM			Snm	14	25	56.5	0.22		0.015					
SEV	245	269	ePn	14	25	33.9								
SEV			Pnm	14	25	34.8	0.17			0.002				
SEV			eSn	14	26	1.0								
SEV			Snm	14	26	2.5	0.41		0.030					
SEV			Snm	14	26	3.3	0.33	0.024			8.4	47	8.4	
TARU	344	286	eSn	14	26	23.1								
TARU			Snm	14	26	23.7	0.45	0.007						
TARU			Snm	14	26	24.6	0.11		0.003		7.9			
№ 72. 5 сентября. Черное море, район 2														
0=23ч 9мин 41.1с, φ=44.27°N, λ=34.32°E, h=23км, $K_П$=7.7±0.2(7) KD=7.7(6)														
YAL	27	331	-ePg	23	9	47.4								
YAL			-i	23	9	47.5								
YAL			Pgm	23	9	47.7	0.15			0.080				
YAL			eSg	23	9	51.9								
YAL			Sgm	23	9	52.3	0.24	0.259						
YAL			Sgm	23	9	52.3	0.22		0.333		8.2	36	7.8	
SEV	59	301	ePg	23	9	51.6								
SEV			Pgm	23	9	52.3	0.34			0.023				
SEV			eSg	23	9	59.6								
SEV			Sgm	23	10	0.2	0.17	0.010						
SEV			Sgm	23	10	2.1	0.12		0.017		7.5	33	7.7	
SIM	77	348	eSg	23	10	4.1								
SIM			Sgm	23	10	5.8	0.21		0.026		7.8			
SIM			Sgm	23	10	7.5	0.41	0.029						
SUDU	87	38	-iPg	23	9	56.5								
SUDU			Pgm	23	9	57.2	0.36			0.011				
SUDU			eSg	23	10	7.6								
SUDU			Sgm	23	10	8.4	0.25		0.021		6.9			
SUDU			Sgm	23	10	9.0	0.35	0.028						
FEO	119	45	ePg	23	10	1.3								
FEO			Pgm	23	10	1.6	0.28			0.016				
FEO			e(Sg)	23	10	16.3								
FEO			Sgm	23	10	16.8	0.34	0.012						
FEO			Sgm	23	10	18.5	0.34		0.031		7.8	29	7.8	
DNZ2	150	325	ePg	23	10	6.7								
DNZ2			Pgm	23	10	8.6	0.16			0.007				
DNZ2			eSg	23	10	26.2								
DNZ2			Sgm	23	10	26.3	0.35	0.024			7.6	40	7.6	
DNZ2			Sgm	23	10	26.9	0.34		0.014					

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TARU	187	312	ePg	23	10	13.0								
TARU			Pgm	23	10	13.7	0.10			0.003				
TARU			eSg	23	10	35.9								
TARU			Sgm	23	10	37.4	0.25		0.015		7.8			
TARU			Sgm	23	10	37.9	0.20	0.005				37	7.5	
№ 73. 6 сентября. Черное море, район 2														
0=0ч 7мин 33.4с, φ=44.28°N, λ=34.31°E, h=25км, $K_П$=6.1±0.5(4) KD=6.8(3)														
YAL	26	332	+iPg	0	7	40.0								
YAL			Pgm	0	7	40.2	0.13			0.014				
YAL			eSg	0	7	44.5								
YAL			Sgm	0	7	44.8	0.22	0.037			6.8			
YAL			Sgm	0	7	44.8	0.28		0.089			24	7.0	
SEV	58	301	ePg	0	7	44.4								
SEV			Pgm	0	7	44.8	0.41			0.004				
SEV			eSg	0	7	52.2								
SEV			Sgm	0	7	53.7	0.44	0.007			5.6			
SEV			Sgm	0	7	55.9	0.21		0.003			21	6.8	
SUDU	87	38	e(Pg)	0	7	49.0								
SUDU			eSg	0	8	0.3								
SUDU			Sgm	0	8	0.6	0.47		0.009					
SUDU			Sgm	0	8	1.7	0.31	0.006			5.6	24	6.6	
DNZ2	149	325	eSg	0	8	19.5								
DNZ2			Sgm	0	8	21.0	0.12	0.002			6.4			
DNZ2			Sgm	0	8	21.2	0.18		0.002					
№ 74. 9 сентября. Черное море, район 4														
0=5ч 57мин 41.2с, φ=44.48°N, λ=35.81°E, h=15км, $K_П$=6.9±0.4(4) KD=7.5(1)														
SUDU	79	306	ePg	5	57	55.5								
SUDU			Pgm	5	57	57.6	0.31			0.006				
SUDU			eSg	5	58	5.2								
SUDU			Sgm	5	58	6.6	0.34	0.020			6.4			
SUDU			Sgm	5	58	7.9	0.33		0.012			37	7.5	
ALU	114	282	eSg	5	58	15.7								
ALU			Sgm	5	58	15.9	0.42		0.013					
ALU			Sgm	5	58	15.9	0.23	0.011			6.7			
YAL	131	271	eSg	5	58	21.7								
YAL			Sgm	5	58	21.8	0.37	0.007						
YAL			Sgm	5	58	22.9	0.42		0.019		7.1			
SEV	169	273	eSn	5	58	29.2								
SEV			Snm	5	58	29.7	0.31	0.007			7.4			
SEV			Snm	5	58	29.7	0.30		0.006					
№ 75. 9 сентября. Черное море, район 4														
0=7ч 47мин 4.1с, φ=44.49°N, λ=35.80°E, h=35км, $K_П$=10.8±0.3(6)														
MSH=4.0(6), Mc=3.2														
FEO	68	331	-iPg	7	47	16.5		-	0	-				
FEO			eSg	7	47	25.7								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FEO			Sgm	7	47	29.5	0.34	2.600			10.7			MSH=3.8
FEO			Sgm	7	47	29.8	0.31		1.300					
SUDU	78	306	-iPg	7	47	18.2								
SUDU			Pgm	7	47	20.6	0.22			0.448				**
SUDU			eSg	7	47	27.9								
ALU	113	282	ePg	7	47	22.9								
ALU			Pgm	7	47	24.3	0.27			0.192				**
ALU			eSg	7	47	36.4								
YAL	131	271	ePg	7	47	27.1								
YAL			Pgm	7	47	28.4	0.28			0.233				
YAL			eSg	7	47	42.7								
YAL			Sgm	7	47	44.1	0.47	1.400						
YAL			Sgm	7	47	44.6	0.54		2.600		11.1			MSH=4.0
ANN	127	69	ePg	7	47	27.1								
ANN			Pgm	7	47	28.2	0.40			0.042				
ANN			eSg	7	47	45.9								
ANN			Sgm	7	47	48.5	0.60	0.301						
ANN			Sgm	7	47	53.1	0.50	0.333						
SIM	143	292	+iPg	7	47	28.2								
SIM			Pgm	7	47	29.0	0.34			0.284				
SIM			eSg	7	47	45.0								
SIM			Sgm	7	47	45.6	0.84	3.000						MSH=4.1
SIM			Sgm	7	47	45.6	0.63		1.900		10.8			Mc=3.2
SEV	169	273	ePg	7	47	31.1								
SEV			Pgm	7	47	31.7	0.33			0.138				
SEV			eSg	7	47	50.8								
SEV			Sgm	7	47	51.9	0.36	0.764						
SEV			Sgm	7	47	51.9	0.38		0.819		11.3			MSH=4.1
DNZ2	227	297	ePn	7	47	40.3								
DNZ2			Pnm	7	47	47.6	0.44			0.136				
DNZ2			eSn	7	48	4.8								
DNZ2			Snm	7	48	6.2	1.10	0.785						
DNZ2			Snm	7	48	6.2	0.62		1.000		10.7			MSH=4.0
TARU	276	292	ePn	7	47	48.3								
TARU			Pnm	7	47	52.8	0.53			0.224				
TARU			eSn	7	48	16.3								
TARU			Snm	7	48	20.3	0.83	0.343			9.9			
TARU			Snm	7	48	20.3	0.49		0.227					MSH=3.8
DIKM	319	187	eP	7	47	52.7								
DIKM			eS	7	48	27.3								
GUZR	348	96	eP	7	47	55.3								
№ 76. 9 сентября. Черное море, район 4														
0=7ч 48мин 52.4с, φ=44.51°N, λ=35.84°E, h=35км, $K_П$=7.9±0.2(7) KD=7.8(6)														
FEO	67	328	iPg	7	49	4.8								
FEO			Pgm	7	49	5.1	0.14			0.121				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FEO			eSg	7	49	13.9								
FEO			Sgm	7	49	15.6	0.41		0.125					
FEO			Sgm	7	49	15.8	0.25	0.101			8.0	27	7.8	
SUDU	79	303	-iPg	7	49	6.5								
SUDU			Pgm	7	49	8.8	0.25			0.025				
SUDU			eSg	7	49	16.2								
SUDU			Sgm	7	49	17.5	0.31		0.057					
SUDU			Sgm	7	49	18.9	0.56	0.149			7.7	45	7.8	
ALU	116	280	ePg	7	49	11.5								
ALU			Pgm	7	49	11.8	0.17			0.017				
ALU			eSg	7	49	25.3								
ALU			Sgm	7	49	25.6	0.44		0.037					
ALU			Sgm	7	49	26.0	0.41	0.055			7.7	40	7.6	
YAL	134	270	-iPg	7	49	15.2								
YAL			Pgm	7	49	15.9	0.15			0.022				
YAL			eSg	7	49	31.3								
YAL			Sgm	7	49	32.2	0.37	0.034						
YAL			Sgm	7	49	32.2	0.65		0.093		8.1	40	8.0	
SIM	145	290	ePg	7	49	16.3								
SIM			Pgm	7	49	16.4	0.10			0.008				
SIM			eSg	7	49	33.4								
SIM			Sgm	7	49	34.6	0.35		0.034					
SIM			Sgm	7	49	36.3	0.34	0.036			7.8	40	7.6	
SEV	172	272	ePg	7	49	19.5								
SEV			Pgm	7	49	19.7	0.31			0.02				
SEV			eSg	7	49	39.4								
SEV			Sgm	7	49	40.3	0.25		0.021					
SEV			Sgm	7	49	40.6	0.23	0.022			8.6	44	8.2	
DNZ2	228	296	eSn	7	49	53.8								
DNZ2			Snm	7	49	54.0	0.63		0.027					
DNZ2			Snm	7	49	57.9	0.42	0.020			7.7			
№ 77. 9 сентября. Черное море, район 5														
0=21ч 49мин 28.1с, φ=44.55°N, λ=36.15°E, h=23км, $K_П$=6.2±0.2(4) KD=7.5(1)														
FEO	80	311	eSg	21	49	52.7								
FEO			Sgm	21	49	52.9	0.31		0.012					
FEO			Sgm	21	49	54.5	0.48	0.023			6.0			
SUDU	99	293	ePg	21	49	46.3								
SUDU			Pgm	21	49	48.3	0.23			0.004				
SUDU			e(Sg)	21	49	58.5								
SUDU			Sgm	21	49	58.8	0.25	0.011			6.5	39	7.5	
SUDU			Sgm	21	50	1.3	0.42		0.009					
YAL	159	268	ePg	21	49	56.2								
YAL			Pgm	21	49	56.3	0.35			0.002				
YAL			e(Sg)	21	50	15.5								
YAL			Sgm	21	50	15.9	0.39		0.006		6.0			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Sgm	21	50	16.3	0.24	0.003						
SEV	196	271	e(Pn)	21	50	1.1								
SEV			e(Sn)	21	50	22.8								
SEV			Snm	21	50	23.3	0.38	0.003						
SEV			Snm	21	50	23.3	0.36		0.003		6.2			
№ 78. 12 сентября. Черное море, район 4														
0=9ч 8мин 28.3с, φ=44.56°N, λ=35.07°E, h=23км, $K_П$=6.7±0.7(4) KD=7.8(2)														
SUDU	39	351	ePg	9	8	35.1								
SUDU			Pgm	9	8	38.5	0.23			0.009				
SUDU			eSg	9	8	40.3								
SUDU			Sgm	9	8	40.9	0.23	0.036			6.2			
SUDU			Sgm	9	8	42.6	0.28		0.031			40	7.6	
ALU	55	286	eSg	9	8	47.7								
ALU			Sgm	9	8	49.7	0.28	0.015			5.9			
ALU			Sgm	9	8	49.8	0.25		0.005					
FEO	58	25	ePg	9	8	40.3								
FEO			Pgm	9	8	40.4	0.14			0.049				
FEO			eSg	9	8	48.1								
FEO			Sgm	9	8	48.7	0.23	0.092			7.8			
FEO			Sgm	9	8	49.0	0.22		0.073			31	7.9	
SEV	111	271	eSg	9	9	2.5								
SEV			Sgm	9	9	3.7	0.16		0.004		6.9			
SEV			Sgm	9	9	3.8	0.13	0.002						
№ 79. 13 сентября. Черное море, район 2														
0=5ч 45мин 23.0с, φ=44.42°N, λ=34.41°E, h=29км, $K_П$=10.5±0.3(5) KD=9.9(8)														
MSH=3.5(4), MD=3.2(8), Mc=2.8														
YAL	21	291	-iPg	5	45	29.4		-	+	-				α=125°
YAL			Pgm	5	45	29.8	0.11			2.4				*$I_{Ялт}$=2–3б*
YAL			iSg	5	45	33.6								
YAL			Sgm	5	45	33.9	0.17	4.900						MD=3.1
YAL			Sgm	5	45	34.2	0.18		6.900		10.9	100	9.8	MSH=3.6
ALU	29	0	-iPg	5	45	29.7								**
ALU			Pgm	5	45	29.9	0.22			0.246				MD=3.0
ALU			eSg	5	45	34.3						90	9.2	
SEV	59	284	iPg	5	45	33.1								**
SEV			Pgm	5	45	33.4	0.16			0.325				MD=3.3
SEV			iSg	5	45	40.6						130	10.2	
SIM	63	339	ePg	5	45	35.0		-	+	-				α=167°
SIM			Pgm	5	45	35.4	0.12			0.22				Mc=2.8
SIM			iSg	5	45	43.3								MD=3.5
SIM			Sgm	5	45	43.7	0.14		0.361		10.1	150	10.1	MSH=3.0
SIM			Sgm	5	45	43.9	0.16	0.245						
SIM			Lgm	5	45	52.1	0.37	0.559						
SUDU	70	42	+iPg	5	45	35.2								**
SUDU			Pgm	5	45	35.5	0.17			0.132				MD=3.2

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			iSg	5	45	44.6						110	9.9	
FEO	102	49	iPg	5	45	39.9								α=136°
FEO			Pgm	5	45	40.2	0.27			0.149				MD=3.1
FEO			iSg	5	45	53.1								MSH=3.5
FEO			Sgm	5	45	54.2	0.28		0.334					
FEO			Sgm	5	45	56.3	0.27	0.487			10.1	100	10.3	
DNZ2	142	319	+iPg	5	45	47.4		+	-	+				α=136°
DNZ2			Pgm	5	45	50.4	0.12			0.152				
DNZ2			iSg	5	46	4.2								MD=3.5
DNZ2			Sgm	5	46	8.0	0.14	0.346						MSH=3.3
DNZ2			Sgm	5	45	10.4	0.14		0.394		10.6	160	10.4	
TARU	182	307	ePn	5	45	53.2								
TARU			Pnm	5	45	53.5	0.18			0.157				
TARU			eSn	5	46	14.9								MD=3.2
TARU			Snm	5	46	15.8	0.22	0.329						MSH=3.5
TARU			Snm	5	46	17.4	0.17		0.414		10.9	110	9.7	
№ 80. 15 сентября. Черное море, район 2														
0=7ч 13мин 1.6с, φ=44.43°N, λ=34.16°E, h=12км, $K_П$=5.8±0.7(3) KD=6.1(2)														
YAL	6	356	-iPg	7	13	4.4								
YAL			Pgm	7	13	5.9	0.10			0.018				
YAL			iSg	7	13	6.2								
YAL			Sgm	7	13	6.4	0.14	0.086						
YAL			Sgm	7	13	6.6	0.14		0.090		6.1	15	6.1	
ALU	34	34	eSg	7	13	12.7								
ALU			Sgm	7	13	12.9	0.20		0.005					
ALU			Sgm	7	13	15.0	0.23	0.008			4.8			
SEV	40	289	ePg	7	13	8.8								
SEV			Pgm	7	13	9.1	0.08			0.004				
SEV			eSg	7	13	14.1								
SEV			Sgm	7	13	15.4	0.30	0.013			6.6	15	6.1	
SEV			Sgm	7	13	15.4	0.27		0.028					
№ 81. 6 октября Черное море, район 1														
0=11ч 5мин 57.9с, φ=44.14°N, λ=33.15°E, h=23км, $K_П$=7.6±0.5(6) KD=7.5(5)														
SEV	62	43	ePg	11	6	9.6								
SEV			Pgm	11	6	12.6	0.20			0.004				
SEV			eSg	11	6	17.6								
SEV			Sgm	11	6	18.6	0.30		0.016		6.4	37	7.5	
SEV			Sgm	11	6	18.9	0.25	0.011						
YAL	89	64	ePg	11	6	13.8								
YAL			Pgm	11	6	14.1	0.30			0.007				
YAL			-iSg	11	6	24.9								
YAL			Sgm	11	6	27.1	0.29		0.027		7.3	24	7.0	
YAL			Sgm	11	6	27.7	0.21	0.016						
ALU	117	58	eSg	11	6	33.5								
ALU			Sgm	11	6	33.7	0.27		0.039		8.1			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			Sgm	11	6	34.2	0.27	0.064						
DNZ2	137	20	ePg	11	6	22.9								
DNZ2			Pgm	11	6	23.1	0.25			0.013				
DNZ2			eSg	11	6	40.1								
DNZ2			Sgm	11	6	41.7	0.33	0.041			7.9			
DNZ2			Sgm	11	6	42.7	0.35		0.036			43	7.8	
TARU	146	341	ePg	11	6	24.0								
TARU			Pgm	11	6	24.2	0.20			0.011				
TARU			eSg	11	6	42.0								
TARU			Sgm	11	6	43.4	0.40		0.052		8.0			
TARU			Sgm	11	6	43.1	0.24	0.010				46	7.9	
SUDU	169	60	ePn	11	6	25.5								
SUDU			Pnm	11	6	26.1	0.18			0.005				
SUDU			eSn	11	6	45.4								
SUDU			Snm	11	6	46.6	0.33		0.014		7.9	37	7.5	
SUDU			Snm	11	6	47.5	0.23	0.020						
№ 82. 15 октября. Азовское море, район 7														
0=10ч 42мин 7.6с, φ=46.30°N, λ=37.24°E, h=6км, $K_П$=11.0±0.3(9) KD=11.5(8),														
MSH=4.0(8), MD=4.4(8)														
ANN	158	178	+iPn	10	42	33.6								
ANN			Pnm	10	42	35.0	0.40			1				
ANN			iSn	10	42	53.4								
ANN			Snm	10	42	54.5	0.30	1.300						
ANN			Snm	10	42	54.5	0.50		2.000		10.8			
SPGR	185	159	ePn	10	42	37.1								
SPGR			eSn	10	42	59.5								
FEO	202	226	-iPn	10	42	40.6								
FEO			Pnm	10	42	45.8	0.20			0.085				
FEO			eSn	10	43	5.3								
FEO			Snm	10	43	11.4	0.36	1.100			11.3			MD=3.9
FEO			Snm	10	43	12.8	0.27		0.423			253	12.1	MSH=3.9
SUDU	234	229	+iPn	10	42	42.6								
SUDU			Pnm	10	42	45.9	0.30			0.192				
SUDU			iSn	10	43	10.9								
SUDU			Snm	10	43	15.6	0.53		0.793					MD=4.1
SUDU			Snm	10	43	20.1	0.52	1.800			11.6	330	11.8	MSH=4.3
ALU	285	232	-iPn	10	42	48.6								
ALU			Pnm	10	42	52.4	0.50			0.106				
ALU			eSn	10	43	20.8								
ALU			Snm	10	43	27.6	0.42	0.501			10.0			MD=3.7
ALU			Snm	10	43	27.9	0.38		0.266			210	12.0	MSH=4.0
SIM	285	239	ePn	10	42	50.2								
SIM			Pnm	10	42	55.1	0.39			0.251				
SIM			iSn	10	43	22.7								
SIM			Snm	10	43	25.6	0.52		0.105					MD=3.8

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SIM			Snm	10	43	25.9	0.54	1.100			11.4	300	11.4	MSH=4.4
YAL	314	231	ePn	10	42	53.5								
YAL			Pnm	10	43	0.0	0.40			0.078				
YAL			iSn	10	43	27.7								
YAL			Snm	10	43	30.5	0.28	0.134						MD=3.9
YAL			Snm	10	43	32.9	0.38		0.224		10.4	240	11.5	MSH=3.8
SEV	339	236	+iPn	10	42	55.9								
SEV			Pnm	10	43	4.3	0.23			0.058				
SEV			eSn	10	43	32.5								
SEV			Snm	10	43	38.9	0.31		0.139					MD=3.8
SEV			Snm	10	43	39.7	0.39	0.309			10.8	225	11.6	MSH=3.8
DNZ2	329	253	+iPn	10	42	55.9								
DNZ2			Pnm	10	43	3.1	0.42			0.129				
DNZ2			eSn	10	43	33.9								
DNZ2			Snm	10	43	39.1	0.30		0.268					
DNZ2			Snm	10	43	40.9	0.53	0.674			11.2	240	11.3	MD=3.9
TARU	379	256	ePn	10	43	1.3								MSH=4.1
TARU			Pnm	10	43	9.8	0.28			0.109				
TARU			eSn	10	43	42.2								MD=3.9
TARU			Snm	10	43	48.5	0.41		0.235		10.7	240	11.3	MSH=4.0
№ 83. 15 октября. Азовское море, район 7														
0=10ч 53мин 16.6с, φ=46.30°N, λ=37.24°E, h=6км, $K_П$=7.8±0.4(2)														
SUDU	234	229	eSn	10	54	22.5								
SUDU			Snm	10	54	24.3	0.27		0.010		8.2			
SUDU			Snm	10	54	27.6	0.27	0.019						
SEV	339	236	eSn	10	54	43.1								
SEV			Snm	10	54	48.3	0.22		0.002					
SEV			Snm	10	54	48.4	0.31	0.005			7.4			
№ 84. 17 октября. Азовское море, район 7														
0=15ч 7мин 7.1с, φ=46.3°N, λ=37.24°E, h=6км, $K_П$=7.7±0.3(2)														
SUDU	234	229	eSn	15	8	12.9								
SUDU			Snm	15	8	17.6	0.39		0.009					
SUDU			Snm	15	8	18.2	0.36	0.020			8.0			
SEV	339	236	eSn	15	8	33.7								
SEV			Snm	15	8	37.4	0.25		0.003					
SEV			Snm	15	8	42.8	0.36	0.006			7.4			
№ 85. 21 октября. Черное море, район 4														
0=9ч 24мин 53.9с, φ=44.50°N, λ=35.81°E, h=25км, $K_П$=7.8±0.5(8) KD=8.2(4)														
FEO	66	331	e	9	25	6.1								
FEO			eSg	9	25	15.9								
FEO			Sgm	9	25	16.0	0.22	0.051						
FEO			Sgm	9	25	17.0	0.25		0.040		7.6			
SUDU	77	304	ePg	9	25	7.8								
SUDU			Pgm	9	25	10.1	0.28			0.022				
SUDU			eSg	9	25	17.6								

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Sgm	9	25	21.9	0.30		0.037					
SUDU			Sgm	9	25	23.2	0.42	0.058			7.1	49	8.1	
ALU	113	281	e(Pg)	9	25	13.6								
ALU			Pgm	9	25	14.7	0.20			0.007				
ALU			eSg	9	25	27.8								
ALU			Sgm	9	25	28.1	0.34		0.116					
ALU			Sgm	9	25	28.5	0.25	0.122			8.8	45	7.8	
YAL	131	270	e(Pg)	9	25	17.2								
YAL			Pgm	9	25	18.4	0.24			0.004				
YAL			eSg	9	25	33.6								
YAL			Sgm	9	25	34.9	0.28		0.036		8.1			
YAL			Sgm	9	25	35.2	0.25	0.019				40	8.0	
SIM	143	291	e(Sg)	9	25	35.4								
SIM			Sgm	9	25	36.5	0.28		0.021					
SIM			Sgm	9	25	37.6	0.33	0.024			7.5			
SEV	169	273	iPn	9	25	21.3								
SEV			Pnm	9	25	21.5	0.20			0.003				
SEV			iSn	9	25	41.2								
SEV			Snm	9	25	41.7	0.23	0.016			8.4			
SEV			Snm	9	25	42.2	0.20		0.014			63	8.6	
DNZ2	226	296	e(Sn)	9	25	55.8								
DNZ2			Snm	9	25	56.1	0.39		0.017					
DNZ2			Snm	9	25	56.9	0.34	0.004			7.7			
TARU	276	292	e(Sn)	9	26	6.5								
TARU			Snm	9	26	14.7	0.26		0.005		7.3			
№ 86. 25 октября. Черное море, район 1														
0=10ч 30мин 6.9с, φ=43.92°N, λ=33.72°E, h=4км, $K_П$=7.9±0.3(5) KD=8.3(1)														
SEV	70	357	ePg	10	30	18.4								
SEV			Pgm	10	30	20.0	0.28			0.031				
SEV			eSg	10	30	26.2								
SEV			Sgm	10	30	28.8	0.28		0.030					
SEV			Sgm	10	30	30.1	0.33	0.040			7.1	45	8.3	
SUDU	148	43	eSg	10	30	49.1								
SUDU			Sgm	10	30	49.6	0.44	0.059			8.0			
SUDU			Sgm	10	30	50.7	0.27		0.031					
DNZ2	166	346	e(Sn)	10	30	55.7								
DNZ2			Snm	10	30	56.3	0.21	0.026						
DNZ2			Snm	10	30	56.8	0.20		0.027		8.2			
TARU	187	330	e(Sn)	10	30	59.6								
TARU			Snm	10	31	1.2	0.48		0.060		8.3			
№ 87. 29 октября. Азовское море, район 7														
0=12ч 0мин 27.1с, φ=46.00°N, λ=36.57°E, h=10км, $K_П$=7.9±0.4(3) KD=8.1(2)														
FEO	143	221	e(Sg)	12	1	10.1								
FEO			Sgm	12	1	10.4	0.25	0.049			8.5			
FEO			Sgm	12	1	10.5	0.24		0.023					

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU	174	225	+iPn	12	0	55.2								
SUDU			Pnm	12	0	55.5	0.28			0.058				
SUDU			e(Sn)	12	1	15.7								
SUDU			Snm	12	1	17.5	0.38		0.012					
SUDU			Snm	12	1	18.7	0.30	0.024			7.9	40	7.6	
SEV	278	235	ePn	12	1	7.8								
SEV			Pnm	12	1	8.6	0.23			0.006				
SEV			eSn	12	1	38.9								
SEV			Snm	12	1	40.0	0.23		0.005		7.4			
SEV			Snm	12	1	42.8	0.25	0.005				50	8.6	
№ 88. 1 ноября. Черное море, район 5														
0=18ч 31мин 31.2с, φ=45.02°N, λ=36.67°E, h=10км, $K_П$=6.7±0.2(3)														
ANN	53	107	ePg	18	31	40.6								
ANN			Pgm	18	31	40.8	0.10			0.016				
ANN			eSg	18	31	47.0								
ANN			Sgm	18	31	47.9	0.20		0.059		6.8			
ANN			Sgm	18	31	48.1	0.20	0.048						
SUDU	133	264	eSg	18	32	11.0								
SUDU			Sgm	18	32	12.9	0.48	0.018			6.8			
SUDU			Sgm	18	32	12.9	0.42		0.006					
SEV	242	259	e(Sn)	18	32	34.7								
SEV			Snm	18	32	34.8	0.41		0.003		6.4			
№ 89. 12 ноября. Черное море, район 1														
0=5ч 54мин 19.1с, φ=43.97°N, λ=33.49°E, h=23км, $K_П$=7.6±0.4(5) KD=8.9(1)														
SEV	66	14	+iPg	5	54	31.7								
SEV			Pgm	5	54	32.0	0.27			0.017				
SEV			iSg	5	54	40.4								
SEV			Sgm	5	54	40.9	0.33	0.051			7.4			
SEV			Sgm	5	54	41.0	0.33		0.039			60	8.9	
YAL	78	42	eSg	5	54	43.8								
YAL			Sgm	5	54	44.9	0.29		0.024		7.1			
YAL			Sgm	5	54	48.4	0.32	0.018						
ALU	107	43	eSg	5	54	52.8								
ALU			Sgm	5	54	53.4	0.39		0.026					
ALU			Sgm	5	54	54.4	0.47	0.039			7.1			
SUDU	157	49	eSn	5	55	5.6								
SUDU			Snm	5	55	7.5	0.30		0.016					
SUDU			Snm	5	55	7.8	0.27	0.025			7.9			
DNZ2	157	352	eSn	5	55	6.3								
DNZ2			Snm	5	55	9.2	0.25		0.024					
DNZ2			Snm	5	55	9.3	0.38	0.054			8.3			
TARU	174	335	eSn	5	55	12.4								
TARU			Snm	5	55	12.8	0.37		0.021		7.7			
№ 90. 14 ноября. Черное море, район 3														
0=4ч 42мин 13.6с, φ=44.72°N, λ=34.58°E, h=22км, $K_П$=5.6±0.2(4) KD=7.1(1)														

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU	15	253	iSg	4	42	21.0								
ALU			Sgm	4	42	21.2	0.27		0.048		5.4			
ALU			Sgm	4	42	21.3	0.23	0.047						
SUDU	38	60	ePg	4	42	21.7								
SUDU			Pgm	4	42	21.9	0.34			0.004				
SUDU			eSg	4	42	27.3								
SUDU			Sgm	4	42	28.3	0.22	0.012			5.4			
SUDU			Sgm	4	42	30.4	0.31		0.010			30	7.1	
YAL	42	232	eSg	4	42	28.7								
YAL			Sgm	4	42	29.0	0.29		0.010		5.7			
YAL			Sgm	4	42	30.7	0.24	0.007						
SEV	74	255	eSg	4	42	37.9								
SEV			Sgm	4	42	39.2	0.22		0.003					
SEV			Sgm	4	42	39.4	0.25	0.003			6.0			
№ 91. 18 ноября. Черное море, район 2														
0=6ч 27мин 43.9с, φ=44.09°N, λ=34.13°E, h=22км, $K_П$=6.5±0.6(3) KD=7.8(1)														
YAL	44	3	eSg	6	27	59.6								
YAL			Sgm	6	27	59.9	0.12	0.024						
YAL			Sgm	6	27	59.9	0.23		0.074		7.3			
SEV	62	325	ePg	6	27	56.1								
SEV			Pgm	6	27	56.4	0.10			0.007				
SEV			eSg	6	28	4.5								
SEV			Sgm	6	28	5.8	0.19	0.007			5.7			
SEV			Sgm	6	28	6.1	0.14		0.005			35	7.8	
DNZ2	160	333	eSn	6	28	28.8								
DNZ2			Snm	6	28	31.5	0.24		0.005		6.6			
DNZ2			Snm	6	28	32.0	0.22	0.004						
№ 92. 18 ноября. Крым, район 3														
0=22ч 28мин 24.1с, φ=44.77°N, λ=34.54°E, h=20км, $K_П$=5.3±0.3(4) KD=6.7(2)														
ALU	15	227	+iPg	22	28	28.4								
ALU			Pgm	22	28	28.5	0.22			0.005				
ALU			iSg	22	28	31.6								
ALU			Sgm	22	28	31.9	0.25	0.030			5.1			
ALU			Sgm	22	28	31.9	0.27		0.017			25	6.7	
SUDU	38	69	eSg	22	28	37.6								
SUDU			Sgm	22	28	39.2	0.22	0.011			5.3			
SUDU			Sgm	22	28	39.5	0.23		0.005					
YAL	44	224	ePg	22	28	33.3								
YAL			Pgm	22	28	35.3	0.52			0.005				
YAL			eSg	22	28	39.4								
YAL			Sgm	22	28	41.4	0.22	0.006			5.5			
YAL			Sgm	22	28	41.5	0.29		0.005			22	6.8	
SEV	73	250	eSg	22	28	47.5								
SEV			Sgm	22	28	48.9	0.22		0.001					
SEV			Sgm	22	28	49.9	0.22	0.001			5.1			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ 93. 23 ноября. Район 1														
0=20ч 10мин 51.1с, $K_П$=7.6±0.3(7) KD=4.8(1)														
SEV	5		-iPg	20	10	53.9								
SEV			Pgm	20	10	54.1	0.11			0.017				
SEV			eSg	20	10	55.9								
SEV			Sgm	20	10	56.1	0.23	0.026			4.8			
SEV			Sgm	20	10	56.2	0.17		0016					
№ 94. 27 ноября. Черное море, район 2														
0=1ч 37мин 44.6с, φ=44.25°N, λ=34.08°E, h=15км, $K_П$=7.6±0.3(7) KD=8.2(6)														
YAL	27	14	-ePg	1	37	50.4								
YAL			Pgm	1	37	50.8	0.13			0.028				
YAL			eSg	1	37	54.2								
YAL			Sgm	1	37	54.8	0.15	0.117			7.3			
YAL			Sgm	1	37	55.0	0.13		0.085			45	8.3	
SEV	46	317	iPg	1	37	53.0								
SEV			Pgm	1	37	53.2	0.20			0.027				
SEV			iSg	1	37	59.1								
SEV			Sgm	1	37	59.6	0.22		0.033		7.1			
SEV			Sgm	1	38	1.6	0.19	0.023				53	8.6	
ALU	54	29	ePg	1	37	54.4								
ALU			Pgm	1	37	54.9	0.20			0.007				
ALU			iSg	1	38	1.0								
ALU			Sgm	1	38	1.8	0.27	0.320			8.4			
ALU			Sgm	1	38	3.4	0.22		0.129			49	8.1	
SIM	78	3	-ePg	1	37	58.4								
SIM			Pgm	1	38	0.7	0.21			0.006				
SIM			iSg	1	38	8.2								
SIM			Sgm	1	38	8.4	0.13		0.018					
SIM			Sgm	1	38	9.4	0.28	0.042			7.9	43	7.8	
SUDU	102	47	ePg	1	38	1.8								
SUDU			Pgm	1	38	2.3	0.25			0.011				
SUDU			iSg	1	38	14.6								
SUDU			Sgm	1	38	15.9	0.36		0.039					
SUDU			Sgm	1	38	18.2	0.31	0.039			7.5	50	8.1	
DNZ2	142	333	e(Pg)	1	38	9.5								
DNZ2			Pgm	1	38	12.7	0.14			0.011				
DNZ2			eSg	1	38	26.9								
DNZ2			Sgm	1	38	29.3	0.23	0.016			7.5			
DNZ2			Sgm	1	38	29.3	0.26		0.016			48	8.0	
TARU	175	318	e(Sn)	1	38	36.0								
TARU			Snm	1	38	39.1	0.30		0.010		7.7			
№ 95. 1 декабря. Черное море, район 2														
0=3ч 1мин 24.8с, φ=44.24°N, λ=34.32°E, h=35км, $K_П$=7.4±0.3(7) KD=7.2(3)														
YAL	30	336	-iPg	3	1	31.6		-	0	-				α=181°
YAL			Pgm	3	1	31.7	0.10			0.030				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			iSg	3	1	37.3								
YAL			Sgm	3	1	37.6	0.18	0.093						
YAL			Sgm	3	1	37.6	0.13		0.077		7.7	24	7.0	
ALU	50	9	iPg	3	1	33.8								
ALU			Pgm	3	1	33.9	0.19			0.009				
ALU			eSg	3	1	41.1								
ALU			Sgm	3	1	41.3	0.27	0.072			7.3			
ALU			Sgm	3	1	41.3	0.23		0.021					
SEV	61	305	-iPg	3	1	35.3								α=122°
SEV			Pgm	3	1	35.5	0.17			0.013				
SEV			eSg	3	1	43.7								
SEV			Sgm	3	1	44.1	0.25	0.012			6.8	27	7.3	
SEV			Sgm	3	1	44.1	0.14		0.008					
SIM	81	350	eSg	3	1	49.0								
SIM			Sgm	3	1	49.4	0.18		0.024		8.0			
SIM			Sgm	3	1	49.6	0.13	0.007						
SUDU	90	38	-ePg	3	1	39.0								α=217°
SUDU			Pgm	3	1	39.1	0.10			0.006				
SUDU			eSg	3	1	50.7								
SUDU			Sgm	3	1	51.1	0.27		0.029		7.2			
SUDU			Sgm	3	1	51.8	0.16	0.016				31	7.1	
FEO	121	45	e(Sg)	3	1	59.6								
FEO			Sgm	3	1	59.8	0.31		0.019		7.4			
DNZ2	153	327	eSg	3	2	9.5								
DNZ2			Sgm	3	2	9.6	0.20	0.007	0.012		7.5			
№ 96. 17 декабря. Черное море, район 5														
0=6ч 35мин 38.1с, φ=44.75°N, λ=36.16°E, h=8км, $K_П$=7.8±0.2(5) KD=8.7(2)														
FEO	68	297	eSg	6	35	58.3								
FEO			Sgm	6	35	58.8	0.27	0.120						
FEO			Sgm	6	36	1.3	0.22		0.054					
SUDU	93	280	ePg	6	35	54.1					7.6			
SUDU			Pgm	6	35	55.1	0.34			0.048				
SUDU			eSg	6	36	5.0								
SUDU			Sgm	6	36	5.3	0.39	0.108			7.9			
SUDU			Sgm	6	36	12.6	0.39		0.059			60	8.4	
YAL	161	260	eSn	6	36	23.2								
YAL			Snm	6	36	24.1	0.30	0.032						
YAL			Snm	6	36	25.5	0.30		0.046			8.0		
SIM	163	279	eSn	6	36	23.3								
SIM			Snm	6	36	23.7	0.50	0.043			8.1			
SIM			Snm	6	36	23.9	0.41		0.037					
SEV	198	264	ePn	6	36	9.6								
SEV			Pnm	6	36	11.5	0.16			0.003				
SEV			eSn	6	36	31.8								
SEV			Snm	6	36	34.4	0.19	0.006						

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Snm	6	36	34.5	0.23		0.008		7.5	60	8.9	
№ 97. 20 декабря. Черное море, район 3														
0=1ч 57мин 36.0с, φ=44.73°N, λ=34.54°E, h=14км, $K_П$=5.2±0.4(4) KD=6.6(3)														
ALU	12	243	-iPg	1	57	39.3								
ALU			Pgm	1	57	39.4	0.23			0.029				
ALU			iSg	1	57	41.7								
ALU			Sgm	1	57	44.0	0.46	0.099			5.3			
ALU			Sgm	1	57	44.1	0.38		0.065			22	6.4	
SIM	41	306	ePg	1	57	43.7								
SIM			Pgm	1	57	44.0	0.23			0.006				
SIM			eSg	1	57	49.3								
SIM			Sgm	1	57	49.7	0.28	0.017			5.9			
SIM			Sgm	1	57	49.9	0.33		0.006			20	6.3	
SUDU	40	63	eSg	1	57	49.3								
SUDU			Sgm	1	57	50.7	0.39	0.007			4.4			
SUDU			Sgm	1	57	53.8	0.27		0.003					
SEV	71	253	ePg	1	57	48.8								
SEV			Pgm	1	57	55.5	0.38			0.001				
SEV			eSg	1	57	58.1								
SEV			Sgm	1	58	0.0	0.32	0.002			5.2			
SEV			Sgm	1	58	0.7	0.27		0.001			25	7.1	
№ 98. 25 декабря. Черное море, район 3														
0=13ч 7мин 26.2с, φ=44.67°N, λ=34.63°E, h=15км, $K_П$=6.3±0.4(5) KD=6.2(1)														
ALU	18	275	-iPg	13	7	30.7								
ALU			Pgm	13	7	30.8	0.20			0.009				
ALU			iSg	13	7	33.9								
ALU			Sgm	13	7	34.1	0.20	0.198						
ALU			Sgm	13	7	34.1	0.25		0.366		7.3	19	6.2	
SUDU	38	51	iSg	13	7	39.5								
SUDU			Sgm	13	7	39.7	0.25		0.018		6.0			
SUDU			Sgm	13	7	41.3	0.26	0.018						
YAL	43	243	eSg	13	7	41.1								
YAL			Sgm	13	7	41.2	0.27	0.011			6.3			
YAL			Sgm	13	7	41.3	0.32		0.023					
SIM	51	309	eSg	13	7	45.0								
SIM			Sgm	13	7	45.4	0.25		0.022		6.9			
SIM			Sgm	13	7	45.5	0.21	0.014						
SEV	77	261	eSg	13	7	50.5								
SEV			Sgm	13	7	50.7	0.34		0.005		6.1			
SEV			Sgm	13	7	51.8	0.31	0.003						
№ 99. 27 декабря. Черное море, район 9														
0=6ч 46мин 42.3с, φ=42.30°N, λ=31.10°E, h=35км, $K_П$=8.3±0.5(3) KD=8.6(2)														
BZK	243	98	ePn	6	47	16.2								
SEV	325	39	ePn	6	47	26.6								
SEV			Pnm	6	47	27.1	0.20			0.001				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			e(Sn)	6	48	0.3								
SEV			Snm	6	48	1.6	0.23		0.002					
SEV			Snm	6	48	3.1	0.31	0.004			7.6	65	8.6	
DNZ2	381	26	e(Sn)	6	48	13.6								
DNZ2			Snm	6	48	14	0.33	0.010						
DNZ2			Snm	6	48	14	0.39		0.019		9.0			
SUDU	426	46	ePn	6	47	38.6								
SUDU			Pnm	6	47	38.9								
SUDU			e(Sn)	6	48	21.8								
SUDU			Snm	6	48	22.7	0.41		0.008					
SUDU			Snm	6	48	26	0.33	0.012			8.4	62	8.5	
№ 100. 28 декабря. Черное, район 3														
0=22ч 32мин 9.5с, φ=44.67°N, λ=34.63°E, h=15км, $K_П$=4.9±0.6(3)														
ALU	18	275	iSg	22	32	17.2								
ALU			Sgm	22	32	17.4	0.33		0.083		5.8			
ALU			Sgm	22	32	17.5	0.28	0.06						
SUDU	38	251	e(Sg)	22	32	22.2								
SUDU			Sgm	22	32	22.4	0.33		0.004		4.2			
SUDU			Sgm	22	32	23.5	0.26	0.003						
YAL	43	243	e(Sg)	22	32	24.4								
YAL			Sgm	22	32	24.6	0.22	0.002						
YAL			Sgm	22	32	24.7	0.27		0.003		4.7			
№ 101. 30 декабря. Черное море, район 3														
0=3ч 3мин 10.5с, φ=44.63°N, λ=34.65°E, h=15км, $K_П$=6.1±0.4(7) KD=6.8(5)														
ALU	20	288	ePg	3	3	14.3								
ALU			Pgm	3	3	14.7	0.18			0.004				
ALU			eSg	3	3	17.2								
ALU			Sgm	3	3	17.7	0.27		0.420		7.1			
ALU			Sgm	3	3	17.8	0.20	0.252				19	6.1	
SUDU	40	43	ePg	3	3	18.2								
SUDU			Pgm	3	3	18.3	0.22			0.005				
SUDU			eSg	3	3	23.8								
SUDU			Sgm	3	3	23.9	0.28		0.022		5.7			
SUDU			Sgm	3	3	25.1	0.30	0.020				28	6.9	
YAL	42	249	e(Pg)	3	3	18.9								
YAL			Pgm	3	3	19.2	0.24			0.002				
YAL			iSg	3	3	24.9								
YAL			Sgm	3	3	25.1	0.32		0.013		5.8			
YAL			Sgm	3	3	26.9	0.25	0.009				20	6.7	
SIM	55	311	e(Pg)	3	3	21.2								
SIM			Pgm	3	3	22.6	0.23			0.004				
SIM			iSg	3	3	28.8								
SIM			Sgm	3	3	29.3	0.26	0.012	0.012		6.3	26	6.8	
SEV	77	264	-iPg	3	3	24.1								
SEV			Pgm	3	3	24.5	0.27			0.002				

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			eSg	3	3	34.1								
SEV			Sgm	3	3	34.9	0.27		0.003					
SEV			Sgm	3	3	36.2	0.34	0.004			5.9	29	7.4	
DNZ2	140	307	e(Sg)	3	3	53.0								
DNZ2			Sgm	3	3	55.9	0.33	0.003						
DNZ2			Sgm	3	3	56.3	0.31		0.003		5.8			
TARU	186	297	e(Sn)	3	4	6.0								
TARU			Snm	3	4	7.6	0.33		0.003		6.2			

Список литературы

1. Свидлова В. А. Сейсмичность Крыма / Сейсмологический бюллетень Украины за 1993 год. Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 1996. С. 5–7.
2. Свидлова В. А., Пасынков Г. Д., Шаторный Б. И., Козиненко Н. М. Крым / Землетрясения Северной Евразии, 2006. Обнинск: ГС РАН, 2012. С. 59–64.
3. Байкал-8 [Электронный ресурс]. URL: http://www.expas-sib.com (дата обращения 17.08.2017)
4. Пустовитенко Б. Г., Кульчицкий В. Е. Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона / Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. 2. М.: ИФЗ АН СССР, 1974. С. 113–125.
5. Калинюк И. В., Свидлова В. А., Бондарь М. Н. Сейсмичность Крыма в 2017 году // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Том 4(70). №4. С. 7–68.
6. Красилов С. А., Коломиец М. В., Акимов А. П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG / Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Материалы международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург». Обнинск: ГС РАН, 2006. С. 77–83.
7. Свидлова В. А., Сыкчина З. Н., Пасынков Г. Д. Сейсмичность Крыма в 2011 году / Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2012. С. 6 –16.
8. Кульчицкий В. Е. Новые годографы сейсмических волн Крымско-Черноморского региона // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Том 4(70). №4. С. 164–173.
9. European-Mediterranean Seismological Center [Электронный ресурс]. URL: http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php (дата обращения: 15.12.2018).
10. Пустовитенко Б. Г. Определение энергии землетрясений Крыма по длительности колебаний / Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты) в 1970–1974 гг. Киев: Наукова думка, 1980. С. 34–39.
11. Пустовитенко Б. Г., Раутиан Т. Г., Свидлова В. А. Определение магнитуд и энергетических классов землетрясений по наблюдениям в Крымском регионе / Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым – Карпаты за 1978–1979). Киев: Наукова думка, 1983. С. 126–138.
12. Маламуд А. С. Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений / Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. 2. М.: ИФЗ АН СССР, 1974. С. 180–192.
13. Пустовитенко А. Н., Свидлова В. А., Пустовитенко А. А., Михайлова Р. С. Крым / Землетрясения Северной Евразии, 2001 год. Обнинск: ГС РАН, 2007. С. 64–73
14. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2018 год / Отв. ред. О. Е. Старовойт. Обнинск: ГС РАН, 2018–2019. [Электронный ресурс]. URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2018/ (дата обращения 15.12.2018).

15. Медведев С. В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с.
16. International Seismological Centre. On-Line Bulletin // International Seismological Centre. [Электронный ресурс]. URL: http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/2018/(дата обращения 31.08.2019).

SEISMICITY OF THE CRIMEA IN 2018

Kalinyuk I. V., Svidlova V. A., Bondar M. N.

Institute of seismology and geodynamics FSAEI HE Of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia
E-mail:seismosilver@mail.ru

In 2018, monitoring of the seismic situation in the Crimean-Black Sea region was carried out by a network of eight seismic stations of the Institute of Seismology and Geodynamics: Simferopol (SIM), Sevastopol (SEV), Yalta (YAL), Alushta (ALU), «Sudak» (SUDU), «Feodosia» (FEO), «Tarkhankut» (TARU), «Donuzlav» (DNZ2), located on the Crimean peninsula. A new observation point DNZ2, opened July 26, 2018, increased the sensitivity of the network in the northern and western parts of the region.
The existing network of stations provides, without omissions, the registration of earthquakes with a magnitude $M \geq 4.0$.
Based on the information received, a catalog of earthquakes with basic kinematic and dynamic parameters was compiled, a new map of representative registration was constructed, an analysis was made and special features of seismicity certain districts the region were indicated. Some additions and changes to the algorithm of the used program for calculating the coordinates of hypocenters are related to the new travel time curve for earthquakes of the Crimean-Black Sea region.
The following parameters are given: characteristics of seismic devices operating at seismic stations; a map of epicenters; tables and graphs of the distribution of the number of earthquakes and energy parameters by years and regions of the region. It is shown that 2018 was characterized by increased seismic activity. In total, 100 earthquakes are localized in a year. The total released seismic energy increased 2.77 times, but less than the average annual energy value for the previous ten-year period of observations.
A feature of the seismic process in 2018 is the presence of five earthquakes, accompanied by a macroseismic effect: three – in the Kerch-Anapa district and one each in the Yalta and Azov-Kuban districts. The strongest event of the year with $K_P = 11.0$ was realized on January 31 at $04^h\ 28^m\ 55.6^s$, the coordinates of its hypocenter: $\varphi = 44.74°N$, $\lambda = 37.13°E$, $h = 10$ km. This shock caused a shaking $I = 3–4$ points in Anapa, village Anapskaya, Su-Psekhe, $I = 2–3$ points in Novorossiysk.
Unusual seismic activity with $K \approx 11$ was observed in the Sudak-Feodosia and Azov-Kuban districts. The second strong earthquake with KP = 11.0 was realized on October 15 at $10^h42^m07.6^s$. Its focus was in the central part of the Sea of Azov, coordinates of the hypocenter: $\varphi = 46.30°N$, $\lambda = 37.24°E$, $h = 6$ km.
A significant event for the Crimea is the September 13 earthquake at $05^h\ 45^m23.0^s$ with coordinates of the hypocenter: $\varphi = 44.42°N$, $\lambda = 34.41°E$, $h = 29$ km, and with $K_P = 10.5$, $MSH = 3.5$. This earthquake was felt on the southern coast of the Crimea with an intensity

of I = 3 points on the MSK64 scale.

Keywords: seismicity, the seismic station, epicenter, hypocenter, energy class.

References

1. Svidlova V. A. Sejsmichnost' Kryma (Seismicity of Crimea). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 1993 god. Sevastopol': NPC «EHKOSI-Gidrofizika», 1996, pp. 5–7 (in Russian).
2. Svidlova V. A., Pasynkov G. D., Shatornyj B. I., Kozinenko N. M. Krym (Crimea). Zemletryaseniya Severnoj Evrazii, 2006. Obninsk: GS RAN, 2012, pp. 59–64 (in Russian).
3. Bajkal-8 [Ehlektronnyj resurs]. URL: http://www.expas-sib.com/ (accessed 17.08.2017)
4. Pustovitenko B. G., Kul'chickij V. E. Ob ehnergeticheskoj ocenke zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona (On the energy assessment of earthquakes in the Crimean-Black Sea region). Magnituda i ehnergeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij, 1974, T. 2, M.: IFZ AN SSSR, pp. 113–125 (in Russian).
5. Kalinyuk I.V., Svidlova V. A., Bondar' M. N., Sejsmichnost' Kryma v 2017godu (Seismicity of Crimea in 2017). Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya Geografiya. Geologiya, 2018, Tom 4(70), no 4, pp. 7–68 (in Russian).
6. Krasilov S. A., Kolomiec M. V., Akimov A. P. Organizaciya processa obrabotki cifrovyh sejsmicheskih dannyh s ispol'zovaniem programmnogo kompleksa WSG. (Organization of digital seismic data processing using the WSG software package. Modern methods of processing and interpretation of seismological data): Materialy mezhdunarodnoj sejsmologicheskoj shkoly, posvyashchennoj 100-letiyu otkrytiya sejsmicheskih stancij «Pulkovo» i «Ekaterinburg», Obninsk, GS RAN, 2006, pp. 77–83 (in Russian).
7. Svidlova V. A., Sykchina Z. N., Pasynkov G. D. Sejsmichnost' Kryma v 2011 godu (Seismicity of Crimea in 2011). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2011 god, Sevastopol', NPC «EHKOSI-Gidrofizika», 2012, pp. 6 –16 (in Russian).
8. Kul'chickij V. E. Novye godografy sejsmicheskih voln Krymsko-Chernomorskogo regiona (New hodographs of seismic waves of the Crimean-Black Sea region). Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya Geografiya. Geologiya, 2018, Tom 4(70), no. 4, pp.164–173 (in Russian).
9. European Mediterranean Seismological Center. [Ehlektronnyj resurs]. URL: http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php (accessed: 31.08.2018).
10. Pustovitenko B. G. Opredelenie ehnergii zemletryasenij Kryma po dlitel'nosti kolebanij (Determination of the energy of Crimea earthquakes by the duration of oscillations). Sejsmologicheskij byulleten' Zapadnoj territorial'noj zony ESSN SSSR (Krym-Karpaty) v 1970–1974 gg, Kiev, Naukova dumka, 1980, pp. 34–39 (in Russian).
11. Pustovitenko B. G., Rautian T. G., Svidlova V. A. Opredelenie magnitud i ehnergeticheskih klassov zemletryasenij po nablyudeniyam v Krymskom regione (Determination of magnitudes and energy classes of earthquakes from observations in the Crimean region). Sejsmologicheskij byulleten' Zapadnoj territorial'noj zony ESSN SSSR (Krym – Karpatyza 1978–1979), Kiev, Naukova dumka, 1983, pp. 126–138 (in Russian).
12. Malamud A. S. Ispol'zovanie dlitel'nosti kolebanij dlya ehnergeticheskoj klassifikacii zemletryasenij (Using the duration of vibrations for energy classification of earthquakes). Magnituda i ehnergeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij, T. 2, M., IFZ AN SSSR, 1974, pp. 180–192 (in Russian).
13. Pustovitenko A. N., Svidlova V. A., Pustovitenko A. A., Mihajlova R. S. Krym (Crimea). Zemletryaseniya Severnoj Evrazii v 2001 godu, Obninsk, GS RAN, 2007, pp. 64–73 (in Russian).
14. Sejsmologicheskij byulleten' (ezhedekadnyj) za 2018 god /Otv. red. O. E. Starovojt. Obninsk: GS RAN, 2018–2019. [Ehlektronnyj resurs]. URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2018/ (accessed: 31.08.2018).
15. Medvedev S. V., Shponhojer V., Karnik V. Shkala sejsmicheskoj intensivnosti MSK-64 (Seismic intensity scale MSK-64), M., MGK AN SSSR, 1965, 11 p. (in Russian).
16. International Seismological Centre. On-Line Bulletin // International Seismological Centre. [Ehlektronnyj resurs]. URL: http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/2017/ (accessed: 31.08.2019)

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 76–94.

УДК 550.348.435

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2018 ГОДА

Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э., Бондарь М. Н.

Институт сейсмологии и геодинамики ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: bpustovitenko@mail.ru

Приведены результаты расчета и анализа спектральных и динамических параметров очагов (M_0, r_0, $\Delta\sigma$, ε, $\eta\sigma$, $\Delta\sigma_r$, $\bar{u}$, Eu и Mw) девяти землетрясений Крыма 2018 года в диапазоне энергетических классов $K_П$ =6.3–11. Динамические параметры очагов восстановлены по спектрам записей продольных и поперечных сейсмических волн, зарегистрированных шестью цифровыми региональными сейсмическими станциями. Рассчитано 70 станционных амплитудных спектров, положенных в основу определения динамических параметров очагов с использованием теоретической дислокационной модели Брюна. На примере данных по станции «Алушта» рассмотрены энергетические спектры изученных землетрясений. Дается анализ полученных результатов.
***Ключевые слова*:** амплитудный спектр, модель Брюна, спектральная плотность, угловая частота, сейсмический момент, радиус дислокации, сброшенное и кажущееся напряжения, подвижка по разрыву, радиационное трение, энергетический спектр.

ВВЕДЕНИЕ

Современные алгоритмы и методы обработки сейсмических колебаний позволяют определять основные параметры (время возникновения, координаты гипоцентров, энергетический уровень и магнитуду) всех зарегистрированных сейсмических событий. В то же время с определением дополнительных параметров, к каким относятся физические характеристики очага, дело обстоит гораздо сложнее. Это связано с жесткими условиями, отбором волновых форм для анализа, знанием условий среды на пути распространения сейсмических волн, амплитудно-частотных характеристик сейсмографов и др. В связи с этим восстановление динамических параметров очагов не входит в обязательный регламент работ в центрах обработки данных и является научно-методической и исследовательской задачей. Крым относится к тем единичным регионам, где ежегодно определяются и публикуются динамические параметры очагов для наиболее сильных представительных местных землетрясений.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для расчета спектров и определения на их основе динамических параметров очагов выбраны все наиболее значимые представительные сейсмические события 2018 года с $K_П$>10.0, а также несколько слабых толчков, произошедших на материковой части Южного берега Крыма и в менее изученном Судакско-Феодосийском районе. Пространственное расположение эпицентров девяти землетрясений с энергетическими классами $K_П$=6.3–11, для которых определены очаговые параметры, даны на рисунке 1, а их основные параметры по данным сводной обработки в Крыму приведены в таблице 1.

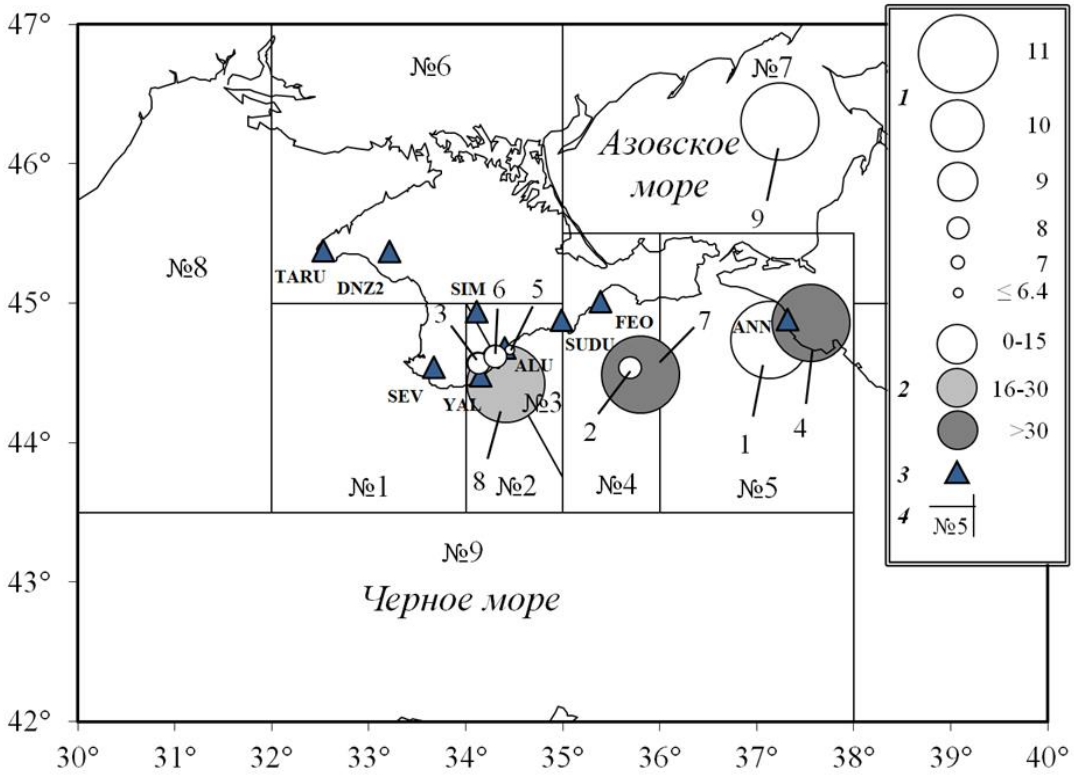


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2018 г., для которых восстановлены очаговые параметры: *1* – энергетический класс $K_П$ [1]; *2* – глубина очага; *3* – сейсмическая станции; *4* – граница районов. Цифры рядом с эпицентрами – номера землетрясений в соответствии с таблицей 1.

Наибольшее количество изученных землетрясений (3 события), произошли в Ялтинской зоне очагов (район № 2), по два – в Судакско-Феодосийской и Керченско-Анапской (районы № 4 и № 5), по одному в Алуштинской (район № 3) и Азово-Кубанской (№ 9).

Для расчета амплитудных спектров и восстановления по ним динамических параметров очагов использовано 18 записей продольных (*P*) и 52 поперечных (*S*) волн на семи сейсмических станциях: «Алушта» (ALU), «Севастополь» (SEV), «Симферополь» (SIM), «Судак» (SUDU), «Ялта» (YAL), «Тарханкут» (TARU) и «Донузлав-2» (DNZ2) или первоначальное название «Веселовка» (VSL), для которых в 2018 году уверенно определены амплитудно-частотные характеристики сейсмографов, а записи волновых форм отвечают всем требованиям критерия качества. Как и в предыдущие годы из анализа исключены сейсмограммы станции «Феодосия», осложненные высоким уровнем микросейсм. По этой же причине только в единичных случаях использованы записи станции «Тарханкут», наиболее удаленной от выбранных для исследования очагов землетрясений.

Таблица 1.

Основные параметры землетрясений Крыма за 2018 год, для которых восстановлены динамические параметры очагов

№	Дата, *д м*	t_0, *ч мин с*	Эпицентр		*h*, *км*	Магнитуда			$K_П$	Район
			φ°, N	λ°, E		*Mc*	*Mw/n*, Табл. 2	*MSH*		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	31.01	04 28 55.6	44.74	37.13	10	3.5	2.82/7	3.8	11.0	Керченско-Анапский (№ 5)
2	15.02	22 29 15.6	44.53	35.71	5		2.72/3		7.7	Судакско-Феодосийский (№ 4)
3	19.04	21 23 03.5	44.57	34.13	11		2.95/4		8.3	Ялтинский (№ 2)
4	24.04	20 47 42.0	44.86	37.56	33	3.7	3.83/7	3.9	10.7	Керченско-Анапский (№ 5)
5	11.05	04 57 0.10	44.66	34.46	10		2.4/1		6.3	Алуштинский (№ 3)
6	18.07	20 34 03.1	44.62	34.30	13		2.84/5		8.4	Ялтинский (№ 2)
7	09.09	07 47 04.1	44.49	35.80	35	3.2	3.82/6	4.0	10.8	Судакско-Феодосийский (№ 4)
8	13.09	05 45 23.0	44.42	34.41	29	2.8	3.7/4	3.5	10.5	Ялтинский (№ 2)
9	15.10	10 42 07.6	46.30	37.24	6		4.24/7	4.0	11.0	Азово-Кубанский (№ 7)

Примечание. Параметры землетрясений в графах 2–7, 9–11 даны по данным сводной обработки в Крыму, значения *Mw* – из табл. 3, *n* – число индивидуальных определений, участвовавших в осреднении.

Наибольшее количество спектров получено по записям сейсмических станций «Симферополь», «Судак», «Ялта» и «Алушта». Процент участия этих же станций в общей оценке динамических параметров отдельных землетрясений также наибольший, соответственно 78%, 78%, 67% и 56%. Меньше всего для анализа привлечены записи станции «Тарханкут» (11%) и открытой только во второй половине 2018 г. – «Донузлав-2», с приемлемым уровнем микросейсмических шумов. Для расчета амплитудных спектров отобраны записи только с четкими формами объемных *P*- и *S*-волн, с превышением полезного сигнала над фоном помех в два и более раза. Примеры таких записей даны на рисунке 2.

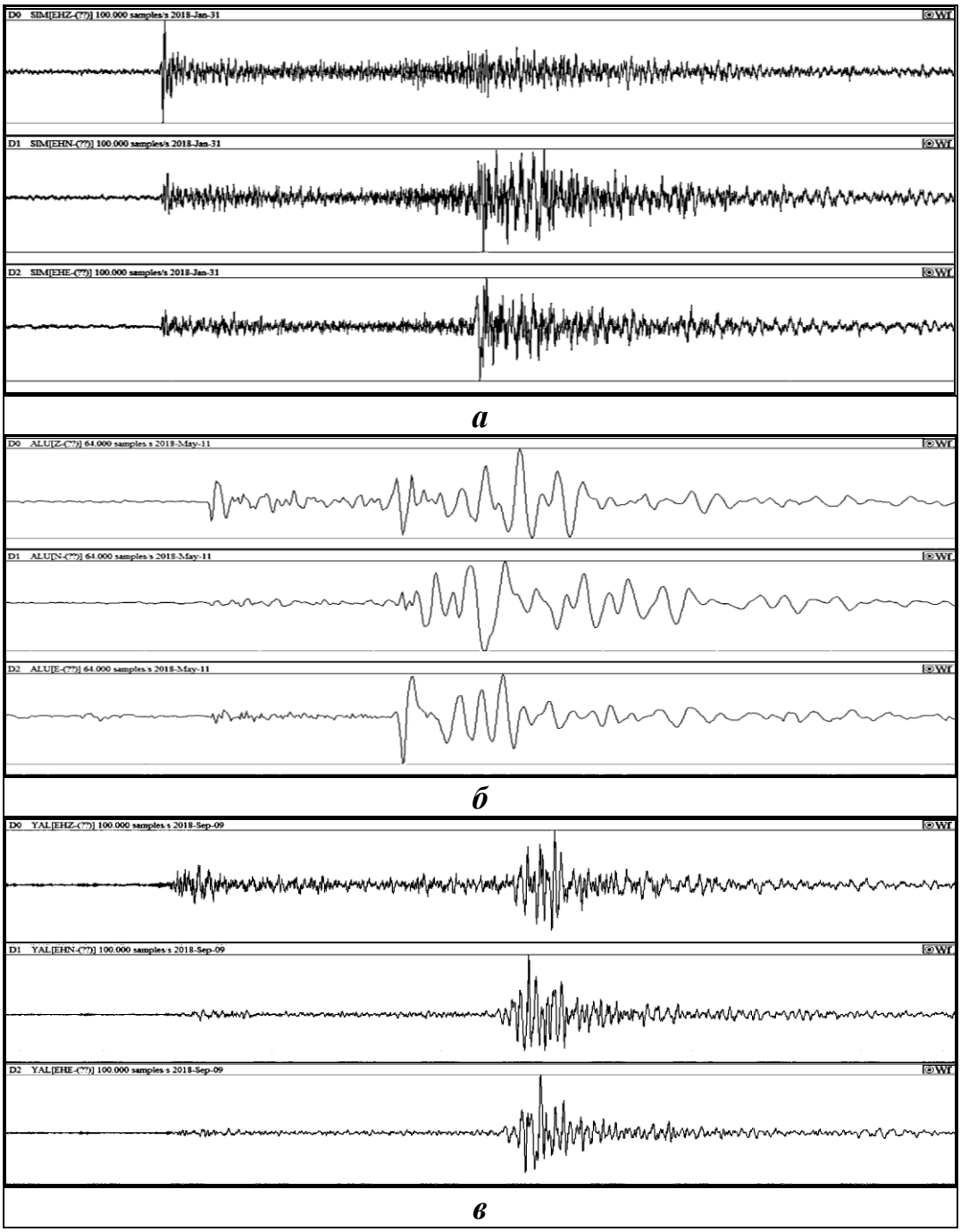
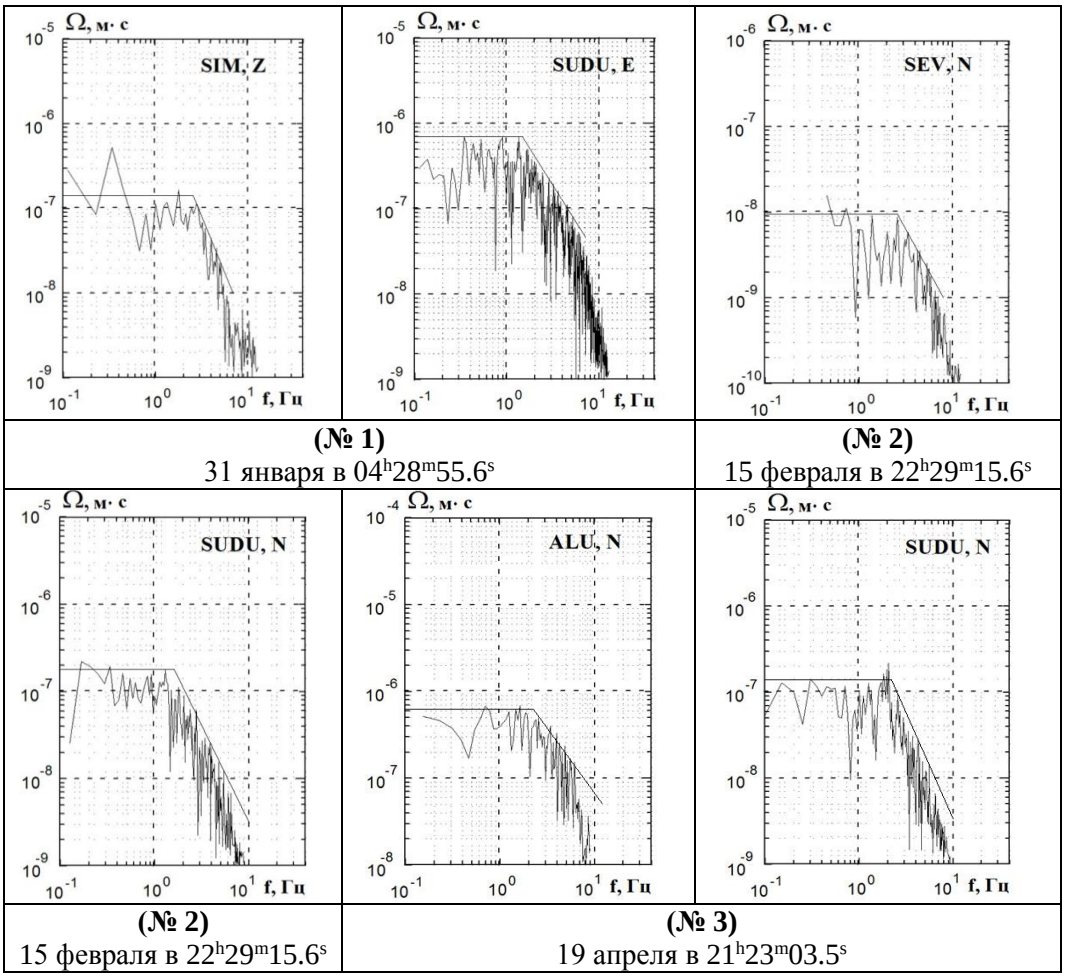


Рис. 2. Примеры записей землетрясений 2018 г.: *а* – 31 января с $K_П$ = 11.0 (с/ст «Симферополь», Δ = 239 *км*); *б* – 11 мая с $K_П$ = 6.3 (с/ст «Алушта», Δ = 5 *км*); *в* – 9 сентября с $K_П$ = 10.8 (с/ст «Ялта», Δ = 131 *км*).

2. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АМПЛИТУДНЫХ СПЕКТРОВ

Методика расчета, обработки и интерпретации амплитудных спектров не изменились по сравнению с предыдущими годами [2–4 и др.] Для поперечных волн (*S*) спектры рассчитывались по двум горизонтальным составляющим (N-S) и (E-W) и спектральная плотность вычислялась, как полный вектор колебаний, а продольных (*P*) – по вертикальной (Z). Относительная длительность **τ** исследуемого участка записи принята равной интервалу времени от момента вступления *S*- и *P*-волн до времени спада их амплитуд A_{max} на уровень $^1/_3 A_{max}$ [4].

Интерпретация амплитудных спектров выполнена в рамках теоретической дислокационной модели Брюна (ω^{-2}) [5], согласно которой спектр объемной волны аппроксимируется тремя основными параметрами: спектральной плотностью $\Omega_0(x, f)$ в длиннопериодной части (при $f \to 0$), угловой частотой f_0 (ω_0) и углом наклона $\gamma \sim -2$. Из Рис. 3 видно, что амплитудные спектры записей землетрясений Крыма за 2018 г. уверенно аппроксимируются в соответствии с выбранной моделью (ω^{-2}).

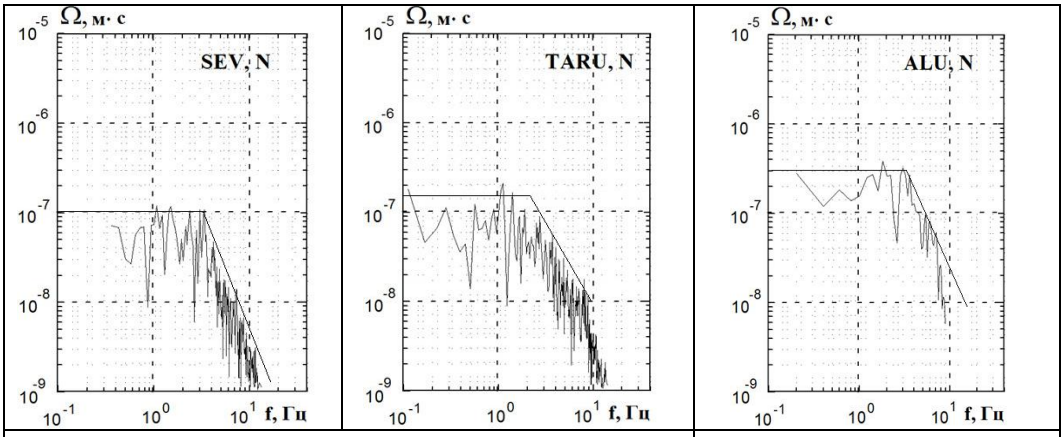


(№ 1) 31 января в $04^h28^m55.6^s$

(№ 2) 15 февраля в $22^h29^m15.6^s$

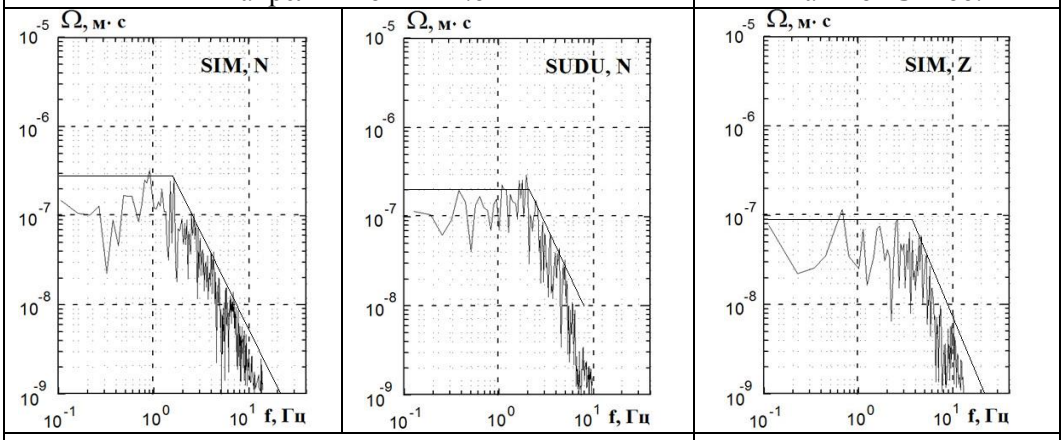
(№ 2) 15 февраля в $22^h29^m15.6^s$

(№ 3) 19 апреля в $21^h23^m03.5^s$



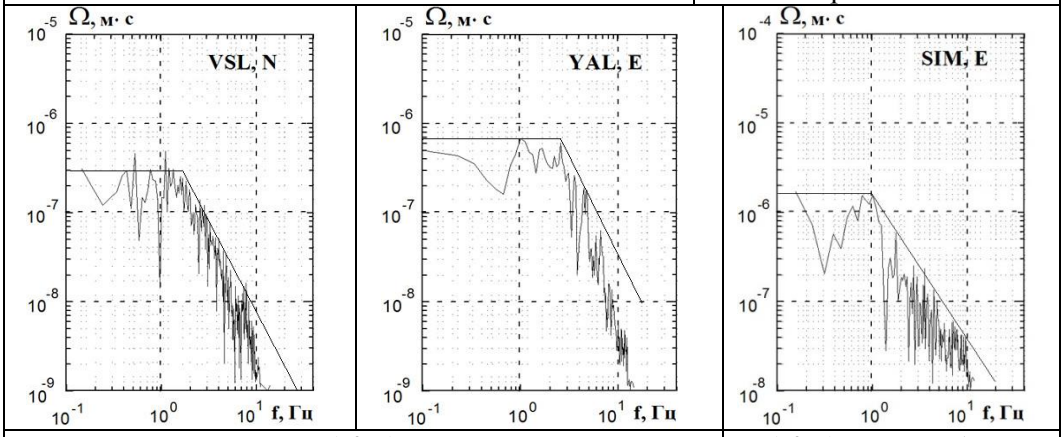
(№ 4)
24 апреля в $20^h47^m42.0^s$

(№ 5)
11 мая в $04^h57^m00.1^s$



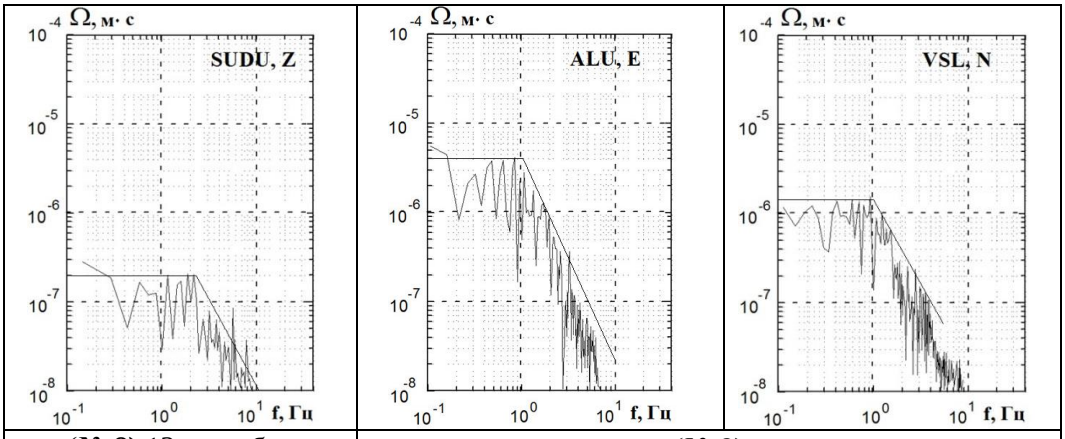
(№ 6)
18 июля в $20^h34^m03.1^s$

(№7)
9 сентября в $07^h47^m04.1^s$



(№ 7)
9 сентября в $07^h47^m04.1^s$

(№ 8) 13 сентября в
$05^h45^m23.4^s$



(№ 8) 13 сентября в $05^h45^m23.4^s$

(№ 9) 15 октября в $10^h42^m07.6^s$

Рис. 3. Примеры амплитудных спектров объемных сейсмических волн землетрясений Крыма за 2018 г. по записям региональных цифровых сейсмостанций и их аппроксимация в рамках теоретической модели Брюна. Номера и даты землетрясений соответствуют таковым в табл. 1.

3. РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА

К динамическим параметрам очага относятся: скалярный сейсмический момент M_0, радиус круговой дислокации r_0, сброшенное напряжение $\Delta\sigma$, величина деформации сдвига ε, кажущееся напряжение $\eta\overline{\sigma}$, величина радиационного трения $\Delta\sigma_r$, средняя подвижка по разрыву $\overline{U}$ (или величина дислокации), E_U – энергия образования дислокации в очаге. Для восстановления очаговых параметров в рамках дислокационной модели Брюна [5] используются две главные характеристики амплитудных спектров: спектральная плотность Ω_0, которая пропорциональна скалярному сейсмическому моменту M_0 (1) и угловая частота f_0, прямо связанная с размером дислокации r_0 (2).

$$M_0 = \Omega_0(4\pi\rho \cdot V^3)/R_{\theta\varphi} \cdot G(\Delta, h) \cdot C(\omega) \cdot Sm(f) \qquad (1)$$

где Ω_0 – максимальное значение спектральной плотности при $\omega \to 0$; V – скорость распространения объемной волны; ρ – плотность пород в окрестности очага, $R_{\theta\varphi}$ – направленность излучения из очага на станцию регистрации; $G(\Delta, h)$ – поправка за геометрическое расхождение; $C(\omega)$ – частотная характеристика среды под станцией, $Sm(f)$ – поправка за неупругое затухание в мантии.

Методика учета всех этих факторов при переходе от станционного спектра к спектру источника подробно изложена в работах [4, 6, 7] и не изменилась по сравнению с предыдущими годами.

Для дислокационной модели Брюна с разрывом в виде круга, радиус

дислокации r_0 вычисляется по угловой частоте f_0 по формуле:

$$r_0 = 2.34\frac{V}{2\pi f_0} \quad (2)$$

Другие динамические параметры очагов: сброшенное напряжение $\Delta\sigma$, величина деформации сдвига ε, кажущееся напряжение $\eta\bar{\sigma}$, величина радиационного трения $\Delta\sigma_r$, средняя подвижка по разрыву $\bar{U}$ (или величина дислокации), энергия образования дислокации в очаге E_U и моментная магнитуда Mw определены по формулам из работ [4–6, 8, 9] с использованием значений сейсмического момента M_0 и размеров разрыва r_0:

$$\Delta\sigma = \frac{7M_0}{16\,r_0^{\,3}},\ \eta\sigma = \frac{\mu E_S}{M_0},\ \sigma_r = \frac{1}{2}\Delta\sigma - \eta\sigma,\ \varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{\mu},\ U = \frac{M_0}{\mu\cdot\pi\, r_0^{\,2}},$$

$$Eu = \frac{1}{2}\Delta\sigma\bar{U}\cdot\pi r_0^2, \qquad Mw = \frac{2}{3}(\lg M_0 + 7) - 10.7, \quad (3)$$

где M_0 имеет размерность *Н·м*.

Большинство динамических параметров получено по группе независимых станционных определений (табл. 2). Только для одного слабого сейсмического толчка (№ 5), с энергетическим классом $K_П$ = 6.3, произошедшего на материковой части Крыма в зоне Демерджинского разлома, динамические параметры рассчитаны по записям только *S*-волн на одной, ближайшей к очагу станции «Алушта», расположенной на эпицентральном расстоянии 5 *км*.

Вычисление средних значений параметров и стандартных отклонений выполнено по индивидуальным станционным определениям с учетом логнормального закона распределения величин с соответствующим стандартным отклонением [4]. В связи с тем, что станционные значения радиационного трения $\Delta\sigma_r$ получились отрицательными или знакопеременными, их средние значения вычислялись по среднегеометрическим для данного очага напряжениям $\Delta\sigma$ и $\eta\bar{\sigma}$.

Среднее значение моментной магнитуды Mw определено как среднее арифметическое с соответствующей погрешностью.

Результаты определения станционных и средних для землетрясения спектральных и динамических параметров представлены в таблице 2. Для каждой станции указаны эпицентральное расстояние Δ, *км*, тип использованной волны (*P, S*) и составляющая записи, где (N+E) означает полный вектор колебаний по горизонтальным оставляющим N+S и E–W. В Табл. 2 спектральная плотность по вектору колебаний дается как $\sum\Omega_0$ в колонке 6.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Волновые формы записей землетрясений и, соответственно, количественные параметры амплитудного станционного спектра существенно зависят от параметров очага, направленности излучения из очага на станцию регистрации, от свойств

глубинной среды на пути распространения сейсмических волн и под каждой станцией регистрации, а также от ряда факторов, которые трудно учесть. Поэтому для усреднения индивидуальных станционных особенностей и надежных оценок очаговых параметров очагов землетрясений Крыма за 2018 год использованы записи нескольких станций и разных типов волн. Для большинства землетрясений осреднение очаговых параметров проведено по данным четырех и более станционных определений, что обеспечило в основном малую величину стандартного отклонения δX, показателя степени рассеяния индивидуальных оценок (табл. 2).

Наилучшая сходимость станционных определений, как и в предыдущие годы [2, 3] получена для радиуса круговой дислокации, размеры которого в явном виде не зависят от направленности излучения энергии из очага и условий среды под станцией регистрации (см. формулу 2). Степень рассеяния индивидуальных определений r_0 для большинства изученных землетрясений не превысила $\delta r_0 = 0.07$. Стандартные отклонения по другим параметрам для большинства землетрясений менее $\delta X < 0.3$. Наибольший разброс данных по станционным определениям отмечен для величины энергии дислокации E_U достигающий одного порядка и более. Соответственно, стандартное отклонение δE_U было максимальным от 0.15 до 0.33. Практически по всем очаговым параметрам, кроме радиуса дислокации, отмечен большой разброс станционных значений для землетрясения № 9 (15 октября с Kп = 11) с большой дисперсией ($\delta X = 0.12–0.24$). Значения моментных магнитуд Mw определены с высокой точностью, с погрешностью не выше ± 0.2.

Наибольшие значения динамических параметров (M_0, r_0, $\Delta\sigma$, ε, $\overline{\eta\sigma}$, $\bar{u}$, Eu и Mw) получены для наиболее сильного землетрясений 15 октября (№ 9) с Kп = 11, произошедшего в Азово-Кубанском районе на глубине h = 6 *км.* Следует отметить, что все параметры другого сильного землетрясения (№ 1, 31 января) такого же энергетического уровня с Kп = 11, получились значительно ниже, чем для № 9, вероятно, связанные с индивидуальными особенностями прочностных свойств вмещающей очаги глубинной среды и разными скоростными моделями на трассе очаг – станции регистрации. Не исключено и влияние направленности излучения, когда без знания механизма очага поправка $R_{\theta\varphi}$ в формуле 1 принимается одинаковой, средней по всем направлениям, равной 0.4 [4].

Радиационное трение $\Delta\sigma_r$ для всех исследованных землетрясений имело отрицательное значение, что указывает на сложное скольжение разрыва в очаге за счет неравномерного распределения прочностных свойств глубинной среды в очаговых зонах. Во всем диапазоне энергий средняя величина сброшенных напряжений не превысила $\Delta\sigma = 10 \cdot 10^5$ *Па* (10 *бар*), а кажущихся напряжений $\overline{\eta\sigma} < 12 \cdot 10^5$ *Па* (12 *бар*).

Следует отметить, что значения сейсмических моментов M_0 и r_0, восстановленные по записям станций «Севастополь» и «Ялта», как и в предыдущие годы [2, 3], получились ниже, чем по другим станциям Крыма. Для заключения о причинах наблюдаемых отклонений необходимы дальнейшие наблюдения и пополнения статистических данных для анализа.

Таблица 2.

Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма за 2018 год

Станция	Волна	Составляющая	Δ, *км*	$\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, *м·с*	$\sum\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, *м·с*	f_0, *Гц*	$M_0 \cdot 10^{13}$, *Н·м*	r_0, *км*	$\Delta\sigma \cdot 10^5$, *Па*	$\varepsilon \cdot 10^{-6}$	$\bar{u} \cdot 10^{-2}$, *м*	$\eta\sigma \cdot 10^5$, *Па*	$\Delta\sigma_r \cdot 10^5$, *Па*	$Eu \cdot 10^8$, *Дж*	Mw*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
№ 1. 31 января, t_0=04 *ч* 28 *мин* 55.6 *с*; φ = 44.74°, λ= 37.13°; *h* = 10 *км*; *К*п =11.0															
ALU	S	N+E	215		1.2	1.4	143	0.9	8.46	28.2	1.86	5.58	-1.35	202	4.04
SIM	P	Z	239	0.15		2.7	109	0.83	8.44	28.1	1.69	7.3	-3.08	154	3.96
SIM	S	N+E	239		1.3	1.45	86.2	0.87	5.66	18.9	1.2	9.26	-6.43	81.4	3.89
SUDU	P	Z	169	0.1		2.7	38.8	0.83	2.99	9.98	0.6	20.6	-19.1	19.4	3.66
SUDU	S	N+E	169		1.2	1.6	84.7	0.79	7.48	24.9	1.44	9.42	-5.68	106	3.89
YAL	P	Z	237	0.04		3.1	34.7	0.72	4.05	13.5	0.7	23	-21.0	23.4	3.63
YAL	S	N	237		0.3	1.9	39.4	0.67	5.83	19.4	0.94	20.2	-17.3	38.3	3.67
X- среднее значение							**66.96**	**0.80**	**5.77**	**19.24**	**1.12**	**11.91**	**-9.0**	**64.54**	**3.82**
стандартное отклонение							**0.09**	**0.017**	**0.06**	**0.06**	**0.07**	**0.09**		**0.15**	**0.14**
№ 2. 15 февраля, t_0=22 *ч* 29 *мин* 15.6 *с*; φ = 44.53°, λ= 35.71°; *h* = 5 *км*; *К*п =7.7															
SEV	S	N+E	161		0.014	2.7	0.62	0.44	0.32	1.06	0.03	2.55	-2.39	0.033	2.47
SUDU	P	Z	69	0.015		3.5	1.63	0.59	0.36	1.19	0.05	0.97	-0.79	0.097	2.74
SUDU	S	N+E	69		0.16	2.1	3.42	0.57	0.82	2.73	0.11	0.46	-0.005	0.47	2.96
X- среднее значение							**1.51**	**0.53**	**0.46**	**1.51**	**0.05**	**1.04**	**-0.81**	**0.11**	**2.72**
стандартное отклонение							**0.21**	**0.04**	**0.13**	**0.13**	**0.16**	**0.22**		**0.33**	**0.17**
№ 3. 19 апреля, t_0=21 *ч* 23 *мин* 03.5 *с*; φ = 44.57°, λ = 34.13°; *h* = 11 *км*; *К*п =8.3															
ALU	S	N+E	25		1.1	2.2	9.68	0.58	2.22	7.41	0.31	0.49	0.6	3.58	3.26
SIM	S	N+E	42		0.3	1.7	4.18	0.74	0.43	1.48	0.08	1.15	-0.93	0.31	3.02
SUDU	S	N+E	77		0.13	2.1	3.34	0.6	0.67	2.22	0.1	1.44	-1.11	0.37	2.95
YAL	S	N+E	10		0.17	3.2	0.87	0.40	0.62	2.05	0.06	5.5	-5.1	0.09	2.56
X- среднее значение							**3.29**	**0.57**	**0.79**	**2.66**	**0.11**	**1.45**	**-1.06**	**0.44**	**2.95**
стандартное отклонение							**0.22**	**0.06**	**0.15**	**0.15**	**0.16**	**0.22**		**0.33**	**0.19**
№ 4. 24 апреля, t_0=20 *ч* 47 *мин* 42.0 *с*; φ = 44.86°, λ = 37.56°; *h* = 33 *км*; *К*п =10.7															
ALU	S	N+E	250		1.22	2.1	180	0.67	25.7	85.6	4.2	2.67	10.2	768	4.11
SEV	P	Z	308	0.03		4.0	28.2	0.61	5.3	17.7	0.8	16.9	-14.2	24.9	3.57
SEV	S	N+E	308		0.15	3.1	26.9	0.46	12.4	41.2	1.37	17.7	-11.5	55.4	3.56

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SIM	P	Z	271	0.11		2.9	90.7	0.85	6.52	21.7	1.34	5.24	-1.98	98.6	3.91
SIM	S	N	271		0.6	1.95	94.5	0.73	10.8	36.0	1.9	5.03	0.37	170	3.92
SUDU	P	Z	202	0.12		3.0	99	0.82	7.87	26.2	1.56	4.8	-0.87	130	3.93
TARU	S	N+E	398		0.3	2.2	69.5	0.64	11.4	38.1	1.78	6.84	-11.3	132	3.83
X- среднее значение							**69.78**	**0.67**	**10.09**	**33.63**	**1.64**	**6.83**	**-1.79**	**117.3**	**3.83**
стандартное отклонение							**0.11**	**0.03**	**0.08**	**0.08**	**0.08**	**0.11**		**0.17**	**0.15**
№ 5. 11 мая, t_0=04 *ч* 57 *мин* 00.1 *с*; φ = 44.66°, λ = 34.46°; *h* = 10 *км*; *К*п =6.3															
ALU	S	N+E	5		0.33	3.1	0.5	0.38	0.39	1.29	0.036	0.2	-0.02	0.033	2.4
№ 6. 18 июля, t_0=20 *ч* 34 *мин* 03.1 *с*; φ = 44.62°, λ= 34.30°; *h* = 13 *км*; *К*п =8.4															
SIM	P	Z	39	0.025		4.0	1.22	0.50	0.42	1.4	0.051	4.36	-4.15	0.09	2.66
SIM	S	N+E	39		0.3	2.1	3.06	0.6	0.63	2.11	0.09	1.74	-1.43	0.32	2.93
SUDU	P	Z	63	0.025		4.0	1.94	0.5	0.67	2.22	0.08	2.75	-2.42	0.22	2.8
SUDU	S	N+E	63		0.25	2.2	4.03	0.54	1.11	3.7	0.15	1.32	-0.77	0.75	3.01
YAL	S	N+E	19		0.25	3.2	1.83	0.40	1.29	4.32	0.12	2.91	-2.26	0.4	2.78
X- среднее значение							**2.22**	**0.50**	**0.76**	**2.54**	**0.09**	**2.4**	**-2.02**	**0.29**	**2.84**
стандартное отклонение							**0.09**	**0.03**	**0.09**	**0.09**	**0.08**	**0.09**		**0.15**	**0.11**
№ 7. 9 сентября, t_0=07 *ч* 47 *мин* 04.1 *с*; φ = 44.49°, λ = 35.80°; *h* = 35 *км*; *К*п =10.8															
SIM	P	Z	143	0.09		2.95	392	0.83	2.97	9.9	5.51	0.6	12.3	19.4	3.67
SIM	S	N+E	143		2.5	1.5	208	0.94	10.8	36.1	2.48	2.62	2.79	376	4.15
DNZ2	P	Z	227	0.065		2.8	44.9	0.88	2.9	9.68	0.62	12.2	-10.7	21.7	3.7
DNZ2	S	N+E	227		0.53	1.55	69.9	0.91	4.02	13.4	0.89	7.81	-5.8	46.8	3.83
YAL	P	Z	131	0.12		3.0	48.3	0.82	3.84	12.9	0.76	11.7	-9.39	30.9	3.73
YAL	S	N+E	131		1.0	1.9	76.8	0.74	8.13	27.1	1.47	7.11	-3.04	104	3.86
X- среднее значение							**99.14**	**0.85**	**4.76**	**15.91**	**1.43**	**4.81**	**-2.43**	**53.6**	**3.82**
стандартное отклонение							**0.15**	**0.02**	**0.10**	**0.10**	**0.15**	**0.21**		**0.20**	**0.12**
№ 8. 13 сентября, t_0=05 *ч* 45 *мин* 23.4 *с*; φ = 44.42°, λ= 34.41°; *h* = 29 *км*; *К*п =10.5															
SIM	S	N+E	63		1.56	1.2	53.2	1.18	1.42	4.73	0.41	6.33	-5.62	12.6	3.75
SUDU	P	Z	70	0.2		2.25	39.2	1.09	1.31	4.86	0.35	8.59	-7.9	8.6	3.67
YAL	P	Z	21	0.6		3.8	55.3	0.65	8.94	29.8	1.4	6.08	-1.61	82.4	3.77
YAL	S	N+E	21		1.73	2.3	30.3	0.62	5.68	18.9	0.85	11.1	-8.28	28.7	3.59
X- среднее значение							**43.24**	**0.85**	**3.12**	**10.67**	**0.64**	**7.78**	**-6.22**	**22.5**	**3.70**
стандартное отклонение							**0.06**	**0.07**	**0.21**	**0.20**	**0.14**	**0.06**		**0.22**	**0.07**
№ 9. 15 октября, t_0=10 *ч* 42 *мин* 07.6 *с*; φ = 46.30°, λ= 37.24°; *h* = 6 *км*; *К*п =11.0															
ALU	P	Z	285	1.0		1.9	465	1.08	16.2	54.2	4.25	17.2	6.41	1260	4.38
ALU	S	N+E	285		6.5	1.1	596	1.08	20.5	68.3	5.39	13.4	8.91	2030	4.45
SIM	P	Z	285	0.3		1.92	140	1.07	5.03	16.8	1.3	5.72	-3.2	117	4.03

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SIM	S	N+E	285		7.0	1.0	642	1.19	16.6	55.3	4.79	1.24	7.05	1770	4.48
SUDU	P	Z	234	0.75		1.85	287	1.11	9.25	30.8	2.48	2.78	1.84	443	4.24
DNZ2	S	N+E	329		2.33	1.05	247	1.14	7.38	24.6	2.03	3.24	0.45	303	4.2
YAL	S	N+E	314		0.86	1.1	86.7	1.04	2.98	9.95	0.78	9.2	-7.7	43.1	3.9
X- среднее значение							**285.1**	**1.10**	**9.21**	**30.74**	**2.47**	**5.41**	**-0.81**	**437.4**	**4.24**
стандартное отклонение							**0.12**	**0.007**	**0.12**	**0.12**	**0.12**	**0.15**		**0.24**	**0.17**

Сравнение полученных в 2018 г. динамических параметров очагов со средними их долговременными величинами [4, 10], в отличие от предыдущих лет [2, 3, 11], проведено не только для сейсмического момента M_0 и радиуса круговой дислокации r_0, но и для сброшенного напряжения $\Delta\sigma$ (рис. 4). Для сравнения использованы зависимости $M_0(K_П)$, $r_0(K_П)$ и $\lg \Delta\sigma(K_П)$ из [4, 10].

$$\lg M_0 = 0.645(\pm 0.027)\ K\text{п} + 15.142(\pm 0.271), \quad \rho=0.99,$$

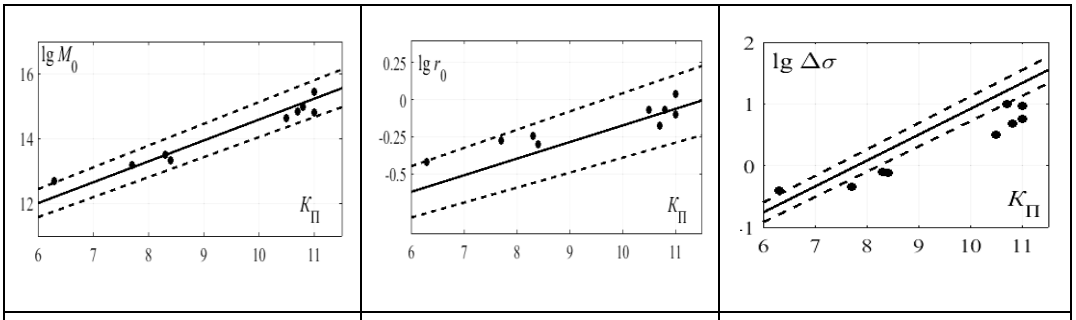
$$\lg r_0 = 0.112(\pm 0.011)\ K\text{п} - 1.293(\pm 0.107), \quad \rho=0.93,$$

$$\lg \Delta\sigma = (0.42\pm 0.01)\ K_П - (3.28\pm 0.10), \quad \rho=0.9$$

где ρ – коэффициент корреляции.

Как видно из рисунка 4а, б, средние значения M_0 и r_0 большинства землетрясений 2018 г. находятся в пределах погрешностей долговременных зависимостей $M_0(K_П)$, $r_0(K_П)$. При этом, если значения r_0 для наиболее сильных сейсмических событий ($K_П > 10$) равномерно распределены относительно регрессии $r_0(K_П)$, то для слабых толчков – выше средней $r_0(K_П)$. Наибольшее отличие M_0 и r_0 от долговременных параметров получены для самого слабого землетрясения: 5 мая (№ 5) с $K_П = 6.3$, параметры которого восстановлены только по одной станции регистрации. Кроме того, для слабых очагов менее надежно определяется глубина очага и, соответственно, могут быть ошибки при выборе скоростных моделей среды.

Если в целом значения M_0 и r_0 за 2018 г. укладываются в диапазон доверительного интервала долговременных зависимостей $M_0(K_П)$, $r_0(K_П)$, полученным за длительный интервал времени аналоговой регистрации колебаний, то $\Delta\sigma$ для всех землетрясений выходят за его пределы, находясь преимущественно ниже $\Delta\sigma(K_П)$ (рис. 4в). Наиболее значимые отрицательные отклонения от $\Delta\sigma(K_П)$ получены для наиболее сильных землетрясений №1, 7 и 8, соответственно с $K_П$: 11, 10.8 и 10.5, произошедших в различных районах региона (2, 4 и 5). Ранее было показано, что сброшенные напряжения существенно меняются как в пространстве, так и во времени при одном энергетическом уровне [4, 12].



а ***б*** ***в***

Рис. 4. Сравнение динамических параметров очагов землетрясений Крыма за 2018 г.: ***а*** – сейсмического момента M_0, ***б*** – радиуса круговой дислокации r_0 и ***в*** – сброшенного напряжения Δσ с долговременными зависимостями $M_0(K_П)$, $r_0(K_П)$ и $\Delta\sigma(K_П)$ [4, 10]. Пунктиром обозначены пределы погрешностей долговременных зависимостей.

5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Спектральные свойства очагов землетрясений 2018 г. дополнительно изучены также по энергетическим спектрам. Переход от спектральной плотности амплитудного спектра к энергетическому спектру осуществлялся по формуле из [13]:

$$q = \frac{\rho c}{2\pi \lg(e)} \omega^3 \Omega^2(\omega) \tag{4}$$

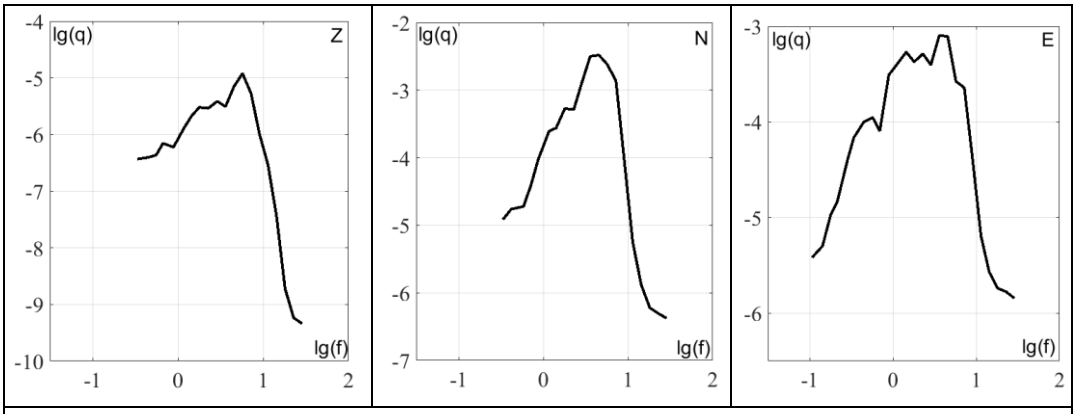
где, ρ – плотность пород в окрестности очага, c – скорость распространения объемных волн (P или S), Ω (ω) – модуль спектральной плотности, определяемый из амплитудного спектра.

Методика и алгоритм расчета энергетических спектров, их обработка описаны в [4, 13, 14].

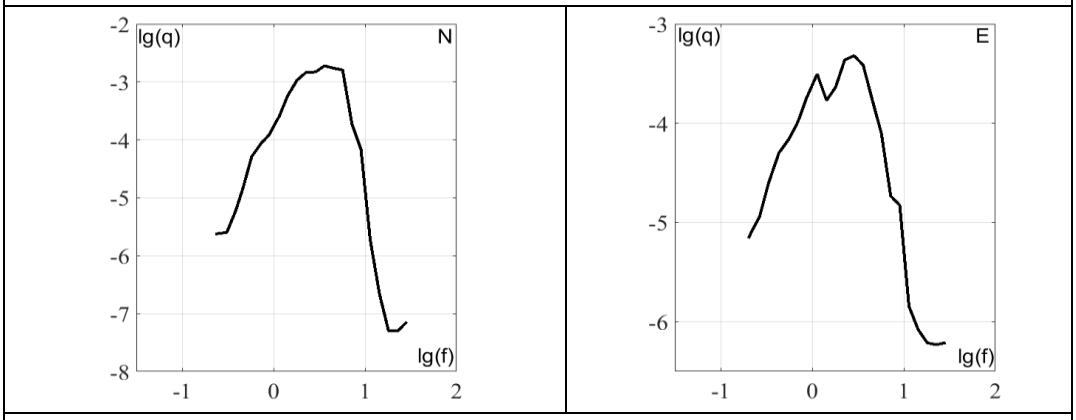
Чтобы наглядно графически представить и более точно оценить диапазон частот, на которые приходится максимум сейсмической энергии, энергетические спектры сглаживались скользящим осреднением в пределах октавной ширины по оси частот и представлены в билогарифмической системе координат (рис. 5).

На Рис. 5 приведены примеры энергетических спектров только по станции «Алушта», для сравнения с обобщенной системой спектров, представленной в работе [14].

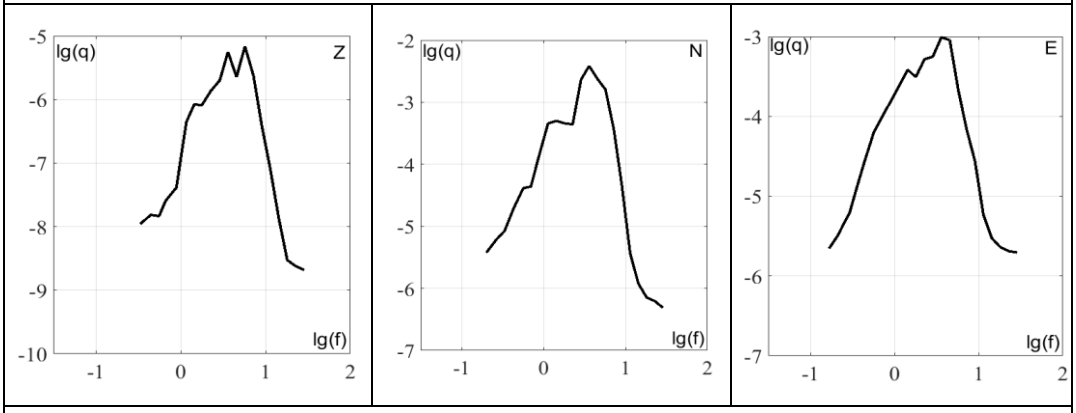
Для всех энергетических спектров получена характерная резонансная форма с одним выраженным максимумом плотности энергии q*max* в ограниченной области частот, как для других землетрясений, Крымско-Черноморского региона, включая аналоговый период наблюдений [2, 4].



№ 1. 31.01.2018 г.



№ 3. 19.04.2018 г.



№ 4. 24.04.2018 г.

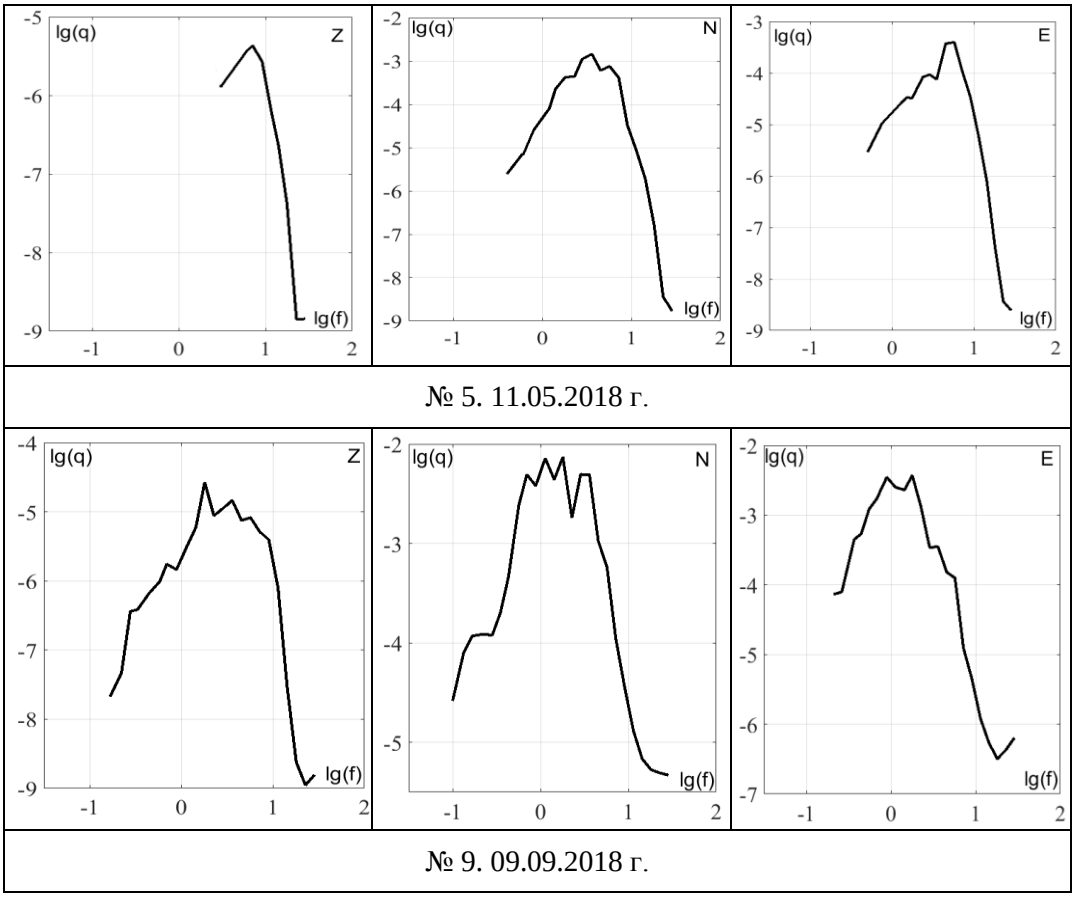


Рис. 5. Примеры энергетических спектров землетрясений Крыма 2018 г. по записям станции «Алушта». Номера и даты землетрясений соответствуют таковым в таблице 1.

Диапазон ширины максимума спектра δf q на уровне 0.9 от максимального значения q*max* в высокочастотной (*f* q1) и низкочастотной (*f*q2) части спектра: δf q = (*f*q1 – *f*q2) получился различным, для разного энергетического уровня землетрясений и эпицентрального расстояния. Результаты расчета δf q по разным составляющим записи (δf E, δf N, δf Z) представлены в таблице 3.

Сравним полученные результаты в 2018 г. с предыдущими исследованиями. В работе [15] база энергетических спектров по данным станции «Алушта» была условно разделена на 4 группы, отличающиеся эпицентральными расстояниями: 1– (26±2) *км*; 2 – (46±3) *км*; 3 – (165±14) *км*; 4 – (235±12) *км*.

Землетрясение под номером № 3 2018 г. с эпицентральным расстоянием 25 *км* попадает в первую из отобранных групп очагов (Δ=26±2 *км*). Полученный для этого очага максимум *fqmax* на диапазонах частот 3.6 *Гц* и 2.9 *Гц* для поперечных N и E компонент находится в пределах погрешностей *fqmax* = (3.33±0.33) *Гц* для данной группы [15]. Другие землетрясения №№ 1, 4, 5 и 9 по эпицентральным расстояниям

не вошли в диапазоны ранее условно выделенных групп. Особо следует отметить материковое землетрясение № 5, произошедшее в непосредственное близости к сейсмической станции «Алушта» (Δ=5 *км*). Частота максимальных значений энергии для данного землетрясения смещена в область высоких частот и составляет: 3.6–5.7 *Гц* для горизонтальных (N и E) составляющих и 7.1 *Гц* – для вертикальной Z компоненты, что связано с пониженным затуханием высоких частот на малых эпицентральных расстояниях и низким энергетическим уровнем землетрясения ($K_П$ =6.3).

Параметры энергетических спектров землетрясений №№ 4 и 9 можно объединить в новую группу с эпицентральными расстояниями 265±18 *км* и добавить к базе данных для увеличения статистически значимых выборок и последующего анализа.

Таблица 3.

Характеристики энергетических спектров по данным станции «Алушта»

№, Дата	$K_П$	$f_q max$, *Гц*			δf_q ($f_1 - f_2$), *Гц*			Δ, *км*
		Z	N	E	Z	N	E	
№1. 31.01.2018	11	5.7	4.5	3.6	4.5-7.2	2.9-7.2	3-5.4	215
№3. 19.04.2018	8.3		3.6	2.9		1.8-5.9	2-3.7	25
№4. 24.04.2018	10.7	5.6	3.6	3.6	3-7.1	2.6-5.6	2.9-4.8	250
№5. 11.05.2018	6.3	7.1	3.6	5.7	3.54-9.1	2.5-4.5	3.7-6.9	5
№9. 9.09.2018	11	1.8	1.4	1.2	1.5-3.5	0.9-3.6	0.76-2.1	285

ВЫВОДЫ

По результатам сейсмического мониторинга в 2018 г., база данных по спектральным и динамическим параметрам местных землетрясений Крыма дополнена 34 станционными определениями для 9 сейсмических событий в диапазоне энергетических классов $K_П$=6.3÷11, произошедших в различных районах региона на эпицентральных расстояниях от 5 *км* (станция ALU) до 398 *км* (станция TARU). Средние значения динамических параметров очагов в большинстве случаев оценены по группе станций и по разным типам волн, что обеспечило в основном малую величину показателя степени рассеяния индивидуальных оценок. В этой связи, количественные оценки очаговых параметров землетрясений за 2018 год можно отнести к категории надежных для дальнейшего их использования в научных и научно-прикладных задачах сейсмологии и сейсмотектоники. Спектральный состав сейсмических колебаний, несущих на себе максимальную сейсмическую энергию, изучен также по сглаженным энергетическим спектрам, дополнив статистику для построения и уточнения системы энергетических спектров, в частности, полученную ранее по данным станции «Алушта» [15].

Список литературы

1. Пустовитенко Б. Г., Кульчицкий В. Е. Об энергетической оценке землетрясений Крымско-Черноморского региона // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. М.: ИФЗ АН СССР. 1974. Том 2. С. 113–125.
2. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Очаговые параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона 2016 года // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2017. Том 3 (69). № 4. С. 51–69.
3. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э., Бондарь М. Н. Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2017 года // Ученые записки Крымского Федерального Университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Том 4 (70). № 4. С. 69–83.
4. Пустовитенко Б. Г., Пантелеева Т. А. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. Киев: Наукова думка, 1990. 251 с.
5. Brune I. V. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // J. Geophys. Res. 1970. V. 75, no. 26, pp. 4997–5009.
6. Аптекман Ж. Я., Белавина Ю. Ф., Захарова А. И., Зобин В. М., Коган С. Я., Корчагина О. А., Москвина А. Г., Поликарпова Л. А., Чепкунас Л. С. Спектры *P*-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от станционного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология. 1989. № 2. С. 66–79.
7. Аптекман Ж. Я., Дараган С. К., Долгополов В. В., Захарова А. И., Зобин В. М., Коган С. Я., Корчагина О. А., Москвина А. Г., Поликарпова Л. А., Чепкунас Л. С. Спектры *P*-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Унификация исходных данных и процедуры расчета амплитудных спектров // Вулканология и сейсмология. 1985. № 2. С. 60–70.
8. Костров Б. В. Механика очага тектонического землетрясения. М.: Наука, 1975. 179 с.
9. Hanks T. C., Kanamori H. A. Moment magnitude scale // J. Geophys. Res. 1979. V. 84, no. 35, pp. 2348–2350.
10. Пустовитенко Б. Г., Пустовитенко А. А., Капитанова С. А., Поречнова Е. И. Пространственные особенности очаговых параметров землетрясений Крыма // Сейсмичность Северной Евразии. Материалы Международной конференции. Обнинск: ГС РАН, 2008. С. 238–242.
11. Пустовитенко Б. Г., Мержей Е. А., Пустовитенко А. А., Калинюк И. В. Очаговые параметры землетрясений Крыма 2013 года // Сейсмологический бюллетень Украины за 2013 г. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ Гидрофизика», 2014. С. 12–21.
12. Пустовитенко Б. Г., Мержей Е. А., Пустовитенко А. А. Динамические параметры очагов землетрясений Крыма по данным цифровых сейсмостанций // Геофизический журнал. 2013. № 5. С. 172–186.
13. Ризниченко Ю. В., Сейдузова С. С. Энергетические спектры землетрясений // Региональные исследования сейсмического режима. Кишинев: Штиинца, 1974. С. 174–178.
14. Ризниченко Ю. В., Сейдузова С. С. Спектрально-временная характеристика сейсмической опасности. М.: Наука, 1984. 180 с.
15. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Сводные энергетические спектры землетрясений Крыма по записям сейсмической станции «Алушта» // Ученые записки Крымского Федерального Университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Том 4 (70). № 4. С. 191–206.

SPECTRAL AND DYNAMIC PARAMETERS OF THE FOCI OF 2018 CRIMEAN EARTHQUAKES

Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E., Bondar M. N.

Institute of seismology and geodynamics FSAEI HE Of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia

E-mail: bpustovitenko@mail.ru

The results of studying the focal parameters of nine earthquakes of the Crimean-Black Sea region in 2018 with $K_П$ = 6.3–11 are presented. The dynamic parameters of the source: the scalar seismic moment M_0, the radius of the circular dislocation r_0, the released stress drop $\Delta\sigma$, the magnitude of the shear strain ε, the apparent stress drop $\eta\sigma$, the amount of radiation friction $\Delta\sigma_r$, the average displacement along the gap $\bar{u}$, the dislocation formation energy in the source E_U, the magnitude of the seismic moment Mw, determined by the parameters of 70 amplitude spectra of bulk seismic waves recorded by six digital seismic stations in Crimea.

The dynamic parameters of the foci were calculated using the Brune dislocation model using the parameters of the amplitude spectra : spectral density Ω_0, which is proportional to the scalar seismic moment M_0 and angular frequency f_0, which is directly related to the dislocation size r_0.

For the studied earthquakes in 2018, the average values of M_0 and r_0 were within the confidence intervals of the long-term dependences $M_0(K_П)$, $r_0(K_П)$. In this case, the released voltages $\Delta\sigma$ turned out to be less than the average values for the long-term dependence $\Delta\sigma$ ($K_П$).

The spectral composition of seismic vibrations carrying the maximum seismic energy has also been studied from smoothed energy spectra.

An analysis of the interpretation of energy spectra is carried out using an example according to the Alushta station.

For all energy spectra, a characteristic resonance form was obtained with one pronounced maximum of the energy density q*max* in a limited frequency range.

The range of the width of the spectrum maximum δfq at the level of 0.9 from the maximum q*max* in the high-frequency (fq1) and low-frequency (fq2) parts of the spectrum turned out to be different for different energy levels of earthquakes and epicentral distances.

Keywords: amplitude spectrum, Bruhne model, spectral density, angular frequency, seismic moment, dislocation radius, discharged and apparent stresses, displacement along a gap, radiation friction, energy spectrum.

References

1. Pustovitenko B. G., Kul'chickij V. E. Ob ehnergeticheskoj ocenke zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona (On the energy assessment of earthquakes in the Crimean-Black Sea region). Magnituda i ehnergeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij. M., IFZ AN SSSR, 1974, V. 2, pp. 113–125 (in Russian).
2. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E. Ochagovye parametry zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona 2016 goda (Focal parameters of earthquakes of the Crimean-Black Sea region in 2016). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 2017, V. 3(69), no. 4, pp. 51–69 (in Russian).
3. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E., Bondar' M. N. Spektral'nye i dinamicheskie parametry ochagov zemletryasenij Kryma 2017 goda (Spectral and dynamic parameters of the centers of Crimea earthquakes in 2017). Uchenye zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 2018, V. 4(70), no 4, pp. 69–83 (in Russian).
4. Pustovitenko B.G., Panteleeva T.A. Spektral'nye i ochagovye parametry zemletryasenij Kryma (Spectral and focal parameters of Crimea earthquakes). Kiev, Naukova dumka, 1990, 251 p. (in Russian).

5. Brune I. V. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. J. Geophys, Res, 1970, V.75, no. 26, pp. 4997–5009 (in English).
6. Aptekman Zh. Ya., Belavina Yu. F., Zaharova A. I., Zobin V. M., Kogan S. Ya., Korchagina O. A., Moskvina A. G., Polikarpova L. A., Chepkunas L. S. Spektry *P*-voln v zadache opredeleniya dinamicheskih parametrov ochagov zemletryasenij. Perekhod ot stancionnogo spektra k ochagovomu i raschet dinamicheskih parametrov ochaga (P-wave spectra in the problem of determining the dynamic parameters of earthquake sources. Transition from the station spectrum to the focal spectrum and calculation of the dynamic parameters of the focal point). Vulkanologiya i sejsmologiya, 1989, no 2, pp. 66–79 (in Russian).
7. Aptekman Zh. Ya., Daragan S. K., Dolgopolov V. V., Zaharova A. I., Zobin V. M., Kogan S.Ya., Korchagina O. A., Moskvina A. G., Polikarpova L. A., Chepkunas L. S. Spektry *P*-voln v zadache opredeleniya dinamicheskih parametrov ochagov zemletryasenij. Unifikaciya iskhodnyh dannyh i procedury rascheta amplitudnyh spektrov (P-wave spectra in the problem of determining the dynamic parameters of earthquake sources. Unification of input data and procedures for calculating amplitude spectra). Vulkanologiya i sejsmologiya, 1985, no. 2, pp. 60–70 (in Russian).
8. Kostrov B. V. Mekhanika ochaga tektonicheskogo zemletryaseniya (The mechanics of the source of a tectonic earthquake). M., Nauka, 1975, 179 p. (in Russian).
9. Hanks T. C., Kanamori H. A. Moment magnitude scale. J. Geophys, Res, 1979, V. 84, no. 35, pp. 2348–2350 (in English).
10. Pustovitenko B. G., Pustovitenko A. A., Kapitanova S. A., Porechnova E. I. Prostranstvennye osobennosti ochagovyh parametrov zemletryasenij Kryma (Spatial features of the focal parameters of Crimea earthquakes). Sejsmichnost' Severnoj Evrazii: Materialy Mezhdunarodnoj konferencii, Obninsk, GS RAN, 2008, pp. 238–242 (in Russian).
11. Pustovitenko B. G., Merzhej E. A., Pustovitenko A. A., Kalinyuk I. V. Ochagovye parametry zemletryasenij Kryma 2013 goda (Focal parameters of Crimea earthquakes in 2013). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2013 g, Sevastopol', NPC «EKOSI Gidrofizika», 2014, pp. 12–21 (in Russian).
12. Pustovitenko B. G., Merzhej E. A., Pustovitenko A. A. Dinamicheskie parametry ochagov zemletryasenij Kryma po dannym cifrovyh sejsmostancij (The dynamic parameters of the centers of the earthquakes of Crimea according to digital seismic stations). Geofizicheskij zhurnal, 2013, no. 5, pp. 172–186 (in Russian).
13. Riznichenko Yu.V., Sejduzova S.S. Energeticheskie spektry zemletryasenij (Earthquake Energy Spectra). Regional'nye issledovaniya sejsmicheskogo rezhima, Kishinev, Shtiinca, 1974, pp. 174–178 (in Russian).
14. Riznichenko Yu. V., Sejduzova S. S. Spektral'no-vremennaya harakteristika sejsmicheskoj opasnosti (Spectral-temporal characteristics of seismic hazard), M., Nauka, 1984, 180 p. (in Russian).
15. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E. Svodnye energeticheskie spektry zemletryasenij Kryma po zapisyam sejsmicheskoj stancii «Alushta» (Aggregate energy spectra of Crimea earthquakes according to the records of the Alushta seismic station). Uchenye zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 2018, V. 4(70), no. 4, pp. 191–206 (in Russian).

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 95–105.

УДК 550.34

МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДВУХ ОЩУТИМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 24 АПРЕЛЯ 2018 Г. И 13 СЕНТЯБРЯ 2018 Г.

Клянчин А. И.

ГАУ РК «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: astrogeolog@mail.ru

Изложена методика обработки и результаты макросейсмического обследования землетрясений 24 апреля 2018 г. и 13 сентября 2018 г., произошедших в прибрежной зоне Краснодарского края и вблизи Южного берега Крыма. По результатам этого обследования рассчитаны интенсивности сотрясений и приведены схемы их пространственного распределения.
Ключевые слова: землетрясение, макросейсмический эффект, интенсивность, магнитуда, уравнение макросейсмического поля.

ВВЕДЕНИЕ

24 апреля в 20 *ч* 47 *мин* 39.9 *с* (по Гринвичу) землетрясение с магнитудой *MSH*=3.9 произошло в районе Анапы (район №5), координаты гипоцентра землетрясения: φ=44.86°, λ=37.56°, *h*=33 *км* (по данным обработки в Крыму – KRYM). Землетрясение ощущалось во многих населенных пунктах Черноморского побережья Северного Кавказа.

13 сентября в *5 ч* 45 *мин* 23.0 *с* (по Гринвичу) землетрясение с магнитудой *MSH*=3.5 произошло недалеко от Южного берега Крыма (район №2), координаты гипоцентра землетрясения: φ=44.42°, λ=34.41°, *h*=29 *км* (KRYM). Подземные толчки ощущались во многих населенных пунктах на Южном берегу Крыма.

Основные параметры обследованных землетрясений по данным различных агентств предоставлены в таблице 1.

Сбор макросейсмических данных об ощутимом **землетрясении 24.04.2019 г.** был выполнен автором с 25 апреля по 5 мая 2018 года с помощью социальной сети «ВКонтакте». Опрос проводился по городу Новороссийск.

В итоге была получена информация от 258 участников опроса в 15 населенных пунктах с учетом сообщений из сайта, на котором было 14 респондентов: https://www.emsc-csem.org/ (Табл. 2).

В районах Анапы и Новороссийска из них всего 122 ощущавших (47.3%), 136 не ощущавших участников опроса (52.7%). В г. Новороссийск ощущали 62 респондента и не ощущали 104, а в г. Анапа, соответственно, 18 и 23.

Без учета сообщений из сайта ЕССЦ https://www.emsc-csem.org/ в районе Новороссийска 44.7% ощущавших и 55.3% не ощущавших; в районе Анапы 54.1% и 45.9%.

Таблица 1.

Основные параметры обследованных ощутимых землетрясений по данным различных агентств

№ п/п	Дата	Время в очаге			Координаты эпицентров землетрясений		Магнитуда	*h*, *км*	Агентство
		ч	*мин*	*с*	φ°N	λ°E			
1	24.04.2018	20	47	39.9	44.91	37.46	*mb*=4.1	33	ФИЦ ЕГС РАН
2	24.04.2018	20	47	39.8	44.91	37.45	*mb*=4.3	10	GFZ
3	24.04.2018	20	47	42.0	44.86	37.56	*MSH*=3.9	33	KRYM
4	24.04.2018	20	47	42.17	44.82	37.50	*mb*=3.6, *ML*=3.8	38.1	IDC
5	24.04.2018	20	47	41.7	44.91	37.57	*mb*=4.5	80	CSEM
6	24.04.2018	20	47	37.42	44.99	37.56	*mb*=4.2	10.0f	NEIC
7	13.09.2018	05	45	21.4	44.44	34.39	*mb*=3.8	17	ФИЦ ЕГС РАН
8	13.09.2018	05	45	23.0	44.42	34.41	*MSH*=3.5	29	KRYM

Сбор макросейсмических данных об ощутимом землетрясении **13.09.2018 г.** выполнен с помощью социальной сети «ВКонтакте» по Интернету и на маршруте по районам Алушты и Ялты с 13 по 19 сентября.

В результате удалось собрать всего 109 свидетельств в 10 населенных пунктах Южного берега Крыма от пгт. Симеиз на западе до п. Солнечногорский на востоке (табл. 3). Больше всего сведений было собрано по городам Ялта и Алушта.

Макросейсмические данные двух ощутимых землетрясений представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2.

Макросейсмические данные Анапского землетрясения 24.04.2018 г.

№ п/п	Населенный пункт	Координаты		Количество респондентов
		φ°N	λ°E	
1	2	3	4	5
1	г. Новороссийск	44.72	37.77	166
2	п. Мысхако	44.66	37.76	7
3	п. Цемдолина	44.76	37.72	4
4	с. Борисовка	44.76	37.70	6
5	п. Верхнебаканский	44.84	37.66	4
6	ст. Раевская	44.83	37.56	4
7	ст. Натухаевская	44.91	37.57	1
8	х. Камчатка	44.71	37.63	1
9	х. Убых	44.49	37.38	4
10	п. Гайдук	44.78	37.70	3

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5
11	г. Анапа	44.89	37.32	43
12	ст. Анапская	44.90	37.38	5
13	п. Супсех	44.86	37.36	7
14	п. Варваровка	44.84	37.38	2
15	г. Крымск	44.93	37.99	1
	Итого			258

Примечание. В таблице приняты сокращения: г. – город, ст. – станица, х. – хутор, п. – поселок, с. – село.

Таблица 3.

Макросейсмические данные Ялтинского землетрясения 13.09.2018 г.

№ п/п	Населенный пункт	Координаты		Количество ощущавших	Количество не ощущавших	Итого
		φ°N	λ°E			
1	г. Ялта	44.5	34.17	13	3	16
2	пгт. Гурзуф	44.55	34.29	8	14	22
3	пгт. Никита	44.51	34.24	1	0	1
4	пгт. Массандра	44.52	34.19	1	0	1
5	пгт. Ливадия	44.47	34.15	1	1	2
6	пгт. Алупка	44.42	34.05	1	6	7
7	пгт. Симеиз	44.41	34.01	1	6	7
8	г. Алушта	44.68	34.41	13	32	45
9	пгт. Партенит	44.58	34.34	1	6	7
10	п. Солнечногорский	44.75	34.54	1	0	1
	Итого			41	68	109

Примечание. В таблице приняты сокращения: г.– город, пгт. – поселок городского типа, п. – поселок, с. – село.

В итоге в районе Большой Ялты 26 респондентов (46.4%) ощущали и 30 (53.6%) не ощущали. В районе городского округа Алушта, соответственно, 15 (28.3%) и 38 (71.7%).

1. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ЕЕ РЕЗУЛЬТАТ

Обработка макросейсмических данных проводилась в соответствии со шкалой MMSK-92 [1], которая в описательной части не отличается от шкалы MSK-64 [2] и MMSK-84 [3].

Используя две формулы из работы [1], по *нескольким объектам* r (1) и *ошибкам оценки* σ_r (2), были вычислены степени реакции ощущавших и не ощущавших людей:

$$r = \sum n_i r_i / \sum n_i, \quad (1)$$

$$\sigma_r = \pm[(\sum n_i r_i^2 - r^2 \sum n_i / \sum n_i \sum (n_i - 1)]^{0.5}, \quad (2)$$

где n_i – количество людей (респондентов), r_i – степень реакции людей, r – средняя степень реакции людей.

При отсутствии сведений о людях, которые не ощущали толчки, использовалась формула из работы [1], по *единичному объекту* **r** (3):

$$\mathbf{r} = r_i - 0.5, \quad (3)$$

где r_i – степень реакции людей, **r** – средняя степень реакции людей по единичному сообщению.

По каждым этажам зданий отдельно были вычислены степени ощутимости с учетом отсутствия реакции людей и установлены интенсивности, не учитывая типы зданий, так как количество различных типов незначительно. После этого вычислялись средние значения. По результатам обработки составлена таблица 4.

Таблица 4.

Результаты обработки макросейсмических данных
двух ощутимых землетрясений 2018 года

Населенный пункт	Расстояние от эпицентра, *км**	Тип чувствительности людей	Средняя степень реакций по всем данным	Погрешность степени по реакции людей	Интенсивность по реакции людей	Погрешность интенсивности по реакции людей	Интенсивность по реакции предметов	Средняя интенсивность
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Анапское землетрясение 24 апреля 2018 года								
ст. Раевская	3	Чувствительный	1.25	0.5	4	0.25	5	4-5
ст. Натухаевская	5	Чувствительный	1.5	0.25	4	0.1	–	4
х. Убых	8	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.1	4	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продолжение таблицы 4.

п. Верхнебаканский	8	Чувствительный	1.5	0.25	4	0.25	4-5	4-5
п. Гайдук	14	Чувствительный	1.67	0.33	4	0.25	5	4-5
с. Борисовка	16	Общий	0.67	0.42	4	0.25	4	4
п. Цемдолина	18	Чувствительный	1.5	0	4	0.1	4	4
х. Камчатка	18	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.25	–	4
г. Новороссийск	23	Общий	0.82	0.14	4	0.2	4	4
		Нормальный	0.67	0.72	4	0.25	–	
п. Мысхако	28	Чувствительный	1.25	0.45	4	0.25	4	4
ст. Анапская	15	Общий	1.5	0.25	4	0.25	–	4-5
		Нормальный	1.5	0.25	5	0.5	–	
п. Варваровка	15	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.25	4	4
п. Супсех	16	Общий	2.86	1.5	5	0.5	5	5
		Общий по единичному объекту	2.25	0.5	5	0.5	–	
г. Анапа	19	Общий	1.32	0.29	4	0.25	5	4-5
		Общий по единичному объекту	1.75	0.25	5	0.25	5	
г. Крымск	34	Нормальный	0.5	0.25	4	0.5	–	3-4
Ялтинское землетрясение 13 сентября 2018 года								
пгт. Гурзуф	17	Общий	0.50	0.16	3	0.01	4	3-4
		Чувствительный (условно)	1.13	0.3	4	0.3	–	
		Нормальный	0.13	0.25	4	0.25	–	
пгт. Никита	17	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.5	–	4 (?)
г. Ялта	21	Общий	1.58	0.25	4	0.25	4	3-4
		Чувствительный (условно)	1.43	0.25	4	0.25	–	
пгт. Массандра	21	Чувствительный	1.5	0.5	4	0.5	3-4	4 (?)
пгт. Ливадия	22	Чувствительный (условно)	0.5	0.25	3	0.25	–	3 (?)
пгт. Алупка	29	Нормальный	0.14	0.1	4	0.9	–	3-4
пгт. Симеиз	33	Общий	0.43	0.25	3	0.5	–	3
пгт. Партенит	18	Общий	0.29	0.29	3	0.3	3	3
		Нормальный (условно)	0.29	0.29	4	0.3	–	4
г. Алушта	28	Общий	0.41	0	3	0	3-4	3-4
		Чувствительный	1.00	0.37	4	0.37	–	
		Нормальный	0.13	0.91	4	0.91	–	
п. Солнечногорский	38	Чувствительный	0.5	0.25	3	0.25	3-4 (?)	3 (?)

Примечание. *– Расстояние от населенного пункта до инструментального эпицентра, (?) – неопределенные оценки интенсивностей по одиночному сообщению.

В графе «Тип чувствительности людей» (табл. 4) в отдельных случаях типы людей: «чувствительный» и «нормальный» указываются «(условно)», так как среди ощутивших людей чувствительного типа имеются не ощущавшие нормального типа и наоборот. Интенсивность по реакции предметов определена с использованием типичных признаков, указанных в таблицах шкалы MSK-64 и MMSK-92 [1, 2].

2. РАСПРЕРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДВУХ ОЩУТИМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Анапское землетрясение ощущалось в районах Анапы и Новороссийска (4–5 *балла*), а также до 3-4 *балла* и менее по Крымску. Расстояние от г. Анапа до г. Крымск составляет 52 *км* и от г. Анапа до п. Мысхако – 43 *км* с максимальной интенсивностью в Супсехе – 5 *баллов* (Рис. 1).

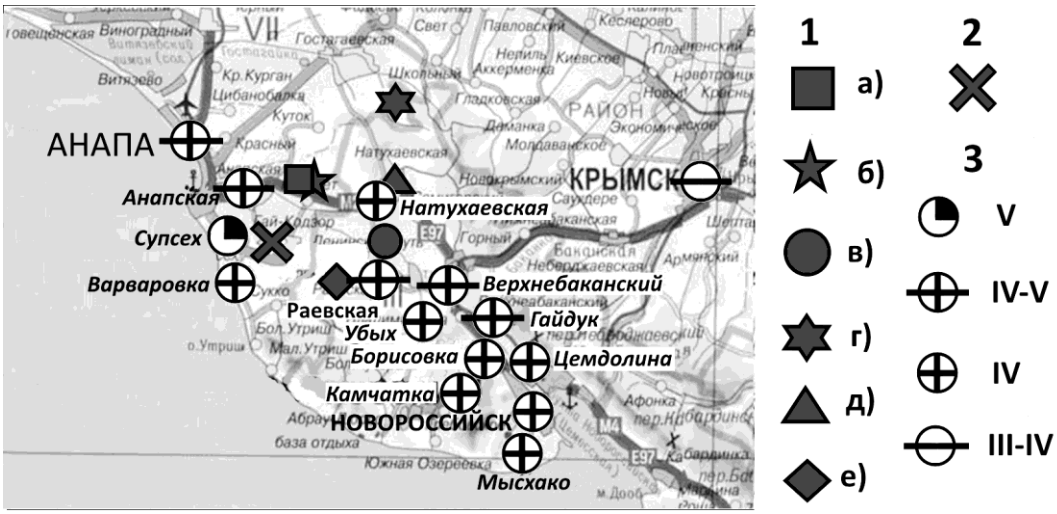


Рис 1. Схема распределения интенсивности сотрясений от Анапского землетрясения 24.04.2018 г. *1* – эпицентры по данным: а) GFZ, б) ФИЦ ЕГС РАН, в) KRYM, г) NEIC, д) EMSC, е) IDC; *2* – предполагаемый макросейсмический эпицентр землетрясения; *3* – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MMSK-92.

Подземные толчки от Ялтинского землетрясения ощущались во многих населенных пунктах Большой Ялты и городского округа Алушта (3–4 *балла*). Расстояние от пгт. Симеиз до п. Солнечногорский составляет 57 *км*. Максимальная интенсивность в Массандре и Никите составила 4 *балла* (Рис. 2).

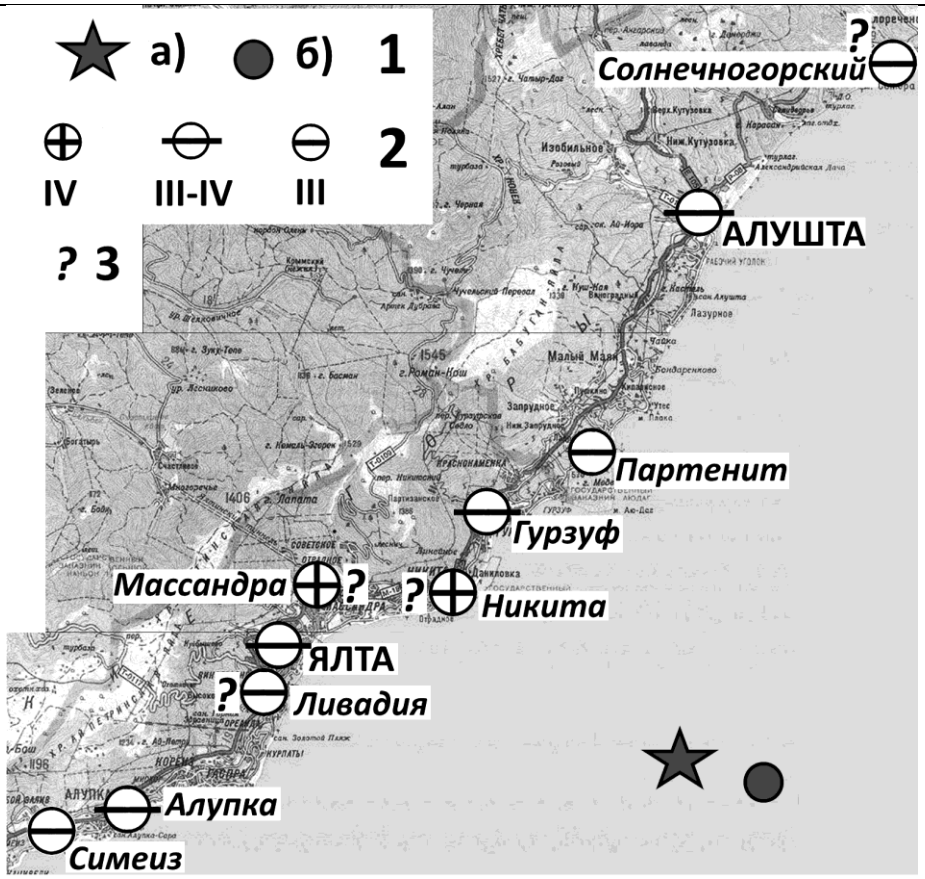


Рис. 2. Схема распределения интенсивности сотрясений от Ялтинского землетрясения 13 сентября 2018 г.: *1* – эпицентры по данным: а) ФИЦ ЕГС РАН, б) KRYM; *2* – интенсивность сотрясений в *баллах* шкалы MMSK-92; *3* – неопределенные оценки интенсивностей по одиночному сообщению.

3. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ МАКРОСЕЙСМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА АНАПСКОГО И ЯЛТИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2018 ГОДА

Анапское землетрясение 24.04.2018 года.

Г. Новороссийск. Дрожали шкафы, кровати и холодильники, висячие предметы и столы качались, звенела посуда; очевидцы заявили, что наблюдалась вибрация здания и треск ветхих домов.

Ст. Раевская. Сильная ощутимость, дрожание домов, сотрясание мебели. Сильный гул.

П. Мысхако. Наблюдалось дрожание дома, мебель дребезжала, висячие предметы качались.

П. Верхнебаканский и **с. Тоннельное.** Некоторые спящие проснулись, почувствовав толчки, висячие предметы зазвенели, тяжелая мебель отчетливо дрожала.

С. Борисовка. Мебель шаталась, чувствовали дрожание пола.

П. Цемдолина. Тяжелая мебель затряслась, дома дрожали. Перед землетрясением наблюдалось беспокойство домашних животных.

П. Гайдук. Наблюдалось дребезжание стекла, «вибрация дома, как от движения танка».

Х. Убых. Было такое колебание, как будто на улице едет многотонная машина, гул шёл со стороны Анапы.

Х. Камчатка. Ощущали, как будто поезд тронулся и остановился.

Ст. Натухаевская. Заявили, что «хорошо тряслась земля».

В районе Новороссийска большинство жителей ощущали подземный толчок отчетливо, перед землетрясением беспокоились домашние животные.

Г. Анапа. Некоторые ощущали сильно и испугались, тяжелая мебель и висячие предметы раскачивались, стулья и столы сдвинулись во время колебания; у одного очевидца на восьмом этаже нового монолитного здания в ванной и спальне обнаружились трещины.

П. Супсех. Некоторые испугались, затряслась мебель, висячие предметы раскачивались. Один житель сообщил, что у него были звон, дребезжание, сдвиг лёгкого стола ~ на 7 *см*, скрип деревянного перекрытия мансарды, открывание дверей шкафа. Было ли повреждение в здании?: «просела отмостка вокруг дома на 1—5 *см*, новый дом даёт усадку».

П. Варваровка. «Встряхнуло» тяжелую мебель.

Ст. Анапская. Некоторые испугались, проснулись, тяжелая мебель раскачивалась.

В районе Анапы большинство жителей ощущало отчетливо, перед землетрясением сильно беспокоились животные, слышался подземный гул, толчок продолжался от 3 до 7 секунд.

Ялтинское землетрясение 13.09.2018 года.

Г. Ялта. Наблюдались короткие и резкие удары, дребезжание висячих предметов и мебели; один житель сильно испугался, наблюдалось раскачивание мебели, «холодильник сильно потрясло, даже кровать и диван качнулись. Перед землетрясением кот утром дверь царапал, сильно мяукал».

Пгт. Гурзуф. Наблюдалось покачивание тяжелой мебели. Житель сообщил, что он слабо ощущал толчки, но кошка сильно беспокоилась. Чувствовался короткий удар.

Пгт. Никита. Наблюдалось отчетливое горизонтальное покачивание.

Пгт. Массандра. Наблюдалось покачивание, был звон посуды в шкафу.

Пгт. Ливадия. Сообщили, что кошки беспокоились: вели себя суетливо, бегали и мяукали именно все утро.

Пгт. Алупка. Один житель заявил, что наблюдалось волнообразное покачивание.

Пгт. Симеиз. Девушка сообщила, что «она отчетливо ощущала, испугалась, был слышен сильный гул».

Г. Алушта. Ощущались два коротких удара. Некоторые люди испугались. Женщина из одного киоска сообщила, что люди говорили об ощущении землетрясения. Кровати «вздрогнули». У некоторых жителей наблюдалось головокружение.

Пгт. Партенит. Один житель заявил, что наблюдалось «дребезжание» дома.

П. Солнечногорский. Наблюдался короткий и резкий удар. Был скрип на крыше в момент толчка, сам толчок длился не больше одной секунды. Один человек ощущал слабо.

Согласно свидетельству очевидцев, подземные толчки продолжались от нескольких до 10 секунд. Гул не был слышен, другие необычные явления не наблюдались.

Большинство жителей в районе Ялты и Алушты указали направление сейсмического колебания со стороны моря.

ВЫВОДЫ

Первый опыт опроса в социальной сети «ВКонтакте» показал б*о*льшую эффективность по сравнению с телефонными опросами.

К сожалению, в сведениях не хватает респондентов с первого и пятого-шестого этажей, поэтому были вычислены средние значения интенсивности по каждому пункту.

Малое количество данных не позволяет составить карты изосейст, определить макросейсмические координаты эпицентров землетрясений и глубины их очагов.

Подводя итоги анализа макросейсмического проявления Анапского землетрясения 24 апреля 2018 года в прибрежной зоне Краснодарского края, следует отметить, что эпицентр землетрясения, вероятно, находился ближе к Супсеху, где были отмечены: дрожание предметов, сдвиг легкой мебели, открывание дверей шкафа, испуг людей, сильное беспокойство животных, сильный гул.

Автор сердечно благодарен Князевой В.С., которая работала в Институте сейсмологии и геодинамики Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского в г. Симферополь, за ценные консультации по обработке макросейсмических данных, моим коллегам Пустовитенко Б.Г. и Кульчицкому В.Е. за обсуждение результатов и ценные замечания.

Список литературы

1. Шебалин Н. В., Аптикаев Ф. Ф. Развитие шкал типа MSK // Вычислительная сейсмология. 2003. вып. 34. М.: ГЕОС, 2003. С. 210–253.
2. Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. М.: Наука, 1975. 280 с.
3. Ершов И. А., Шебалин Н. В. Проблема конструкции шкалы интенсивности землетрясений с позиций сейсмологов // Прогноз сейсмических воздействий. Вопросы инженерной сейсмологии. 1984. вып. 25. М.: Наука, 1984. С. 78–95.

MACROSEISMIC MANIFESTATIONS OF TWO SENSIBLE EARTHQUAKES ON APRIL 24 AND SEPTEMBER 13, 2018

Klianchin A. I.

GAU RK «Crimean expert council for seismic hazard assessment and earthquake forecast», Simferopol, Republic Republic of Crimea, Russia
E-mail: astrogeolog@mail.ru

On April 24, 2018 at 20^h 47^m 39.9^s (GMT) occurred an earthquake with magnitude *MSH*=3.9 near Anapa in the territory of Krasnodarsky region, coordinates of the earthquake hypocenter: φ=44.86°, λ=37.56°, *h*=33 *km* (according to the Crimean network of seismic stations). The earthquake was felt in many settlements of the Black Sea coast of the Caucasus.

The collection of macroseismic data about sensible earthquake was carried out in the regions of Anapa and Novorossiysk and social network «VKontakte» from April 25 to May 5.

On September 13, 2018 at 5^h 45^m 23.0^s (GMT) near the southern coast of Crimean occurred an earthquake with magnitude *MSH*=3.5, coordinates of the earthquake hypocenter: φ=44.42°, λ=34.41°, *h*=29 *km* (according to the Crimean network of seismic stations). Tremors were felt in many settlements of the Black Sea coast on the Southern coast of Crimea.

The collection of macroseismic data about sensible earthquake is executed in areas of Big Yalta and city district Alushta on September from 13 untill 19 and in social network «VKontakte». As a result, 258 information was obtained in 14 settlements of the Black Sea coast of the Caucasus and 109 information was collected in 10 settlements of the southern coast of Crimea.

Processing of macroseismic data was carried out in accordance with the MMSK-92 scale.

Macroseismic data was prosseced using formulas created by N. Shebalin. The degree of reaction of people, was determined separately for each floors excluding building types and the intensities was established, since the number of different types is few. The intensity of the reaction of objects was determined using typical characteristics indicated in the tables of the MSK-64 and MMSK-92 scales.

The earthquake was felt in the regions of Anapa and Novorossiysk (4–5 *points*), as well as up to 3 *points* or less in Krymsk. The distance from Anapa to Krymsk is 52 *km* and from Anapa to Myskhako is 43 *km* with a maximum intensity of 5 points in Supsekh.

Tremors were felt in the areas of Big Yalta and city district Alushta (3–4 *points*). The distance from the urban-type settlement Simeiz to village Solnechnogorskiy is 57 *km* away. The maximum intensity in Massandra and Nikita was 4 *points*.

Keywords: earthquake, macroseismic effect, intensity, magnitude, macroseismic field equation.

References

1. Shebalin N.V., Aptikaev F. F. Razvitie shkal tipa MSK (Development of MSK Type Scales). Vychislitel'naya seismologiya, 2003, Vyp. 34., Moscow, GEOS, 2003, pp. 210–253 (in Russian).
2. Seismicheskaya shkala i metody izmereniya seysmicheskoy intensivnosti (Seismic Scale and Seismic Intensity Measurement Methods), M., Nauka, 1975, 280 p.
3. Ershov I. A., Shebalin N. V. Problema konstrukcii shkaly intensivnosti zemletryaseniy s poziciy seysmologov. Prognoz seysmicheskih vozdejstviy (The Problem of the Construction of the Scale of the Earthquake Intensity from Position of Seismologists. Forecast of Seismic Influence). Voprosy inzhenernoy seysmologii, 1984, Vyp. 25. M., Nauka, 1984, pp. 78–95.

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 106–150.

УДК 550.348.096.64

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2018 ГОДУ

Вербицкий С. Т.[1], Пронишин Р. С.[1], Прокопишин В. И.[1], Стецкив А. Т.[1], Ницименко И. М.[1], Келеман И. Н.[1], Герасименюк Г. А.[1]

[1]Институт геофизики имени С.И.Субботина Национальной Академии наук Украины, г.Львов, Украина
[2]Институт геологии и сейсмологии Академии Наук Молдовы, г. Кишинев, Молдова
E-mail: pronrom@gmail.com

Описаны особенности сейсмичности Карпатского региона в 2018 году. Приведены параметры сейсмометрической аппаратуры на действующих сейсмических станциях. Представлен каталог землетрясений, распределение землетрясений по районам и энергетическим классам, приведена карта эпицентров, таблица и графики выделения сейсмической энергии и количества землетрясений в регионе по месяцам. Дана краткая характеристика сейсмичности отдельных сейсмоактивных районов Карпатского региона. Всего в 2018 году локализовано 48 землетрясений. Наибольшее число землетрясений зарегистрировано в Закарпатье (13) и в горах Вранча (17).

Ключевые слова: землетрясение, эпицентр, очаг, сейсмичность, сейсмическая активность, сейсмическая энергия, энергетический класс, магнитуда, интенсивность землетрясения, сейсмическая станция, сейсмоактивный район, Карпатский регион, глубинный разлом.

ВВЕДЕНИЕ

Карпатский регион разделен на девять сейсмоактивных районов и включает в себя территорию Украины, Молдовы, Румынии, Венгрии, Словакии и др. (в рамках географических координат: φ=44°÷51°, λ=21°÷30°). Сводная обработка и интерпретация происходящих в регионе землетрясений проводится в Отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАНУ (г. Львов) по данным сейсмостанций ИГФ НАНУ и международной сети наблюдений. Определение основных параметров землетрясений Карпатского региона осуществлялось с использованием данных Крымской сети, сейсмических служб Молдовы, Румынии, Венгрии, Словакии и Польши. Комплексная обработка данных проводилась для территории, ограниченной координатами: 47°*N*–21°*E*; 51°*N*–21°*E*, 51°*N*–30°*E*; 44°*N*–30°*E*; 44°*N*–24°*E*; 47°*N*–24°*E*.

1. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ

В Карпатском регионе в 2018 году, как и в 2017 году, функционировала сейсмологическая сеть инструментальных наблюдений, состоящая из 20 стационарных сейсмических станций: «Львов» (LVV – Лвв), «Ужгород» (UZH – Ужг), «Межгорье» (MEZ – Мжг), «Косов» (KSV – Кос), «Моршин» (MORS – Мрш), «Тросник» (TRSU – Трс), «Нижнее Селище» (NSLU – Нсл), «Городок» (HORU – Гор), «Черновцы» (CHRU – Чрн), «Берегово» (BERU – Брг), «Брид» (BRIU – Брд), «Мукачево» (MUKU – Мук), «Рахов» (RAK – Рах), «Королево» (KORU – Кор), «Каменец-Подольский» (KMPU – Кмп), «Новоднестровск» (NDNU – Ндн), «Сходница» (SHIU – Схд), «Старуня» (STNU – Стр), «Стужица» (STZU – Стж), «Холмец» (HOLU – Хлм) и одной временной «Стебник» (STBU – Стб), открытой в

октябре 2017 г. На всех сейсмических станциях инструментальные наблюдения проводились с использованием цифровой аппаратуры, созданной в Отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики Национальной академии наук Украины. Основные параметры регистрирующей аппаратуры приведены в таблице 1. Производство и обработка наблюдений на сейсмических станциях проводилась согласно Инструкции [1].

Для получения динамических характеристик на сейсмических станциях использовались амплитудно-частотные характеристики каналов в формате PAZ GSE1.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Цифровой способ регистрации сейсмических колебаний обладает высокой разрешающей способностью и широким динамическим диапазоном. При обработке и интерпретации цифровых записей могут быть использованы различные фильтры, а также коррекция за характеристику аппаратуры. Это даёт возможность регистрировать более слабые землетрясения. Цифровое представление записей позволяет сохранять их непосредственно в базе данных.

При обработке и интерпретации цифровых записей, для более надёжного выделения нечётких или зашумленных сейсмических фаз, используется полосовой фильтр Баттерворта (0.5 *Гц* –15 *Гц*). Выбор параметров фильтра зависит от качества (соотношение сигнал-шум) и спектральной характеристики изучаемого сигнала.

Для расчета энергетических характеристик сейсмических событий производится корректировка спектра сигнала за амплитудно-частотную характеристику аппаратуры, а также приведение сигнала к единицам движения грунта (*мкм, мкм/сек*). Для этого используются рассчитанные для каждого сейсмического канала амплитудно-частотная характеристика и чувствительность на отсчёт (*мкм/сек*).

Таблица 1.

Аппаратура и технические характеристики цифровых сейсмических станций в 2018 году

№	Название станции (год открытия.)	H, *м*	Координаты		Аппаратура			
			φ^O, N	λ^O, E	Тип аппарату-ры	Динами-ческий диапазон	Частот-ный диапазон	Чувствит. отсчет (*мкм/сек*)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Львов LVV (1899)	320	49.820	24.031	DAS-04. СД-1	120	0.02-15	$1.47*10^{-9}$
					Guralp CMG-40T	140	0.03-12	$0.8*10^{-9}$
2	Моршин MORS (1978)	260	49.137	23.898	DAS-05 СМ3	120	0.2-15	–
3	Ужгород UZH (1934)	160	48.629	22.291	DAS-04 СКД	120	0.2-15	$1.05*10^{-9}$
4	Межгорье MEZ (1961)	460	48.514	23.514	DAS-05 СКД	120	0.02-15	$9.6*10^{-10}$

Продолжение таблицы 1.

5	Тросник TRSU (1987)	120	48.095	22.957	DAS-05 СМ-3КВ	120	0.2-15	$2.05*10^{-10}$
6	Нижнее Селище NSLU (1987)	250	48.198	23.457	DAS-05 СМ-3КВ	120	0.2-15	–
7	Рахов RAK (1956)	460	48.036	24.173	DAS-04 СКД	120	0.02-15	$4.98*10^{-10}$
8	Косов KSV (1961)	450	48.314	25.065	DAS-04 СКД	120	0.02-15	$6.64*10^{-10}$
9	Черновцы CHRU (1907)	300	48.298	25.922	DAS-05 СКД	120	0.02-15	$1.27*10^{-9}$
10	Городок HORU (1991)	340	49.214	26.426	DAS-05 СМ-3	120	0.2-15	–
11	Королево KORU (1998)	160	48.157	23.134	DAS-05 СМ-3КВ	120	0.2-15	$1.05*10^{-10}$
12	Мукачево MUKU (1999)	125	48.454	22.687	DAS-05 СМ-3КВ	120	0.2-15	$1.17*10^{-10}$
13	Берегово BERU (2000)	160	48.234	22.646	DAS-05 СМ-3	120	0.2-15	–
14	Брид BRIU (2000)	180	48.338	23.020	DAS-05 СМ-3КВ	120	0.2-15	$1.85*10^{-10}$
15	Каменец-Подольский KMPU (2005)	121	48.563	26.460	DAS-05 СКД	120	0.02-15	–
16	Новоднестровск NDNU (2006)	242	48.595	27.366	DAS-04 СМ-3КВ	120	0.2-15	$3.04*10^{-10}$
17	Сходница SHIU (2006)	600	49.225	23.359	DAS-05 СМ-3	120	0.2-15	$6.98*10^{-10}$
18	Старуня STNU (2007)	391	48.710	24.502	DAS-05 СМ-3	120	0.2-15	–
19	Стужица STZU (2011)	385	49.016	22.623	DAS-05 СМ-3КВ	120	0.2-15	$1.84*10^{-10}$
20	Холмец HOLU (2014)	134	48.527	22.384	DAS-05 СМ-3КВ	120	0.2-15	–
21	Стебник PN3 (2017) временная	334	49.293	23.526	DAS-05 СМ-3	120	0.2-15	$1.84*10^{-10}$

На всех сейсмических станциях регистрация событий проводилась по всем трем компонентам: N-S; E-W; Z.

Для определения основных параметров: времени возникновения, координат и глубин очагов, невязок определений и динамических характеристик землетрясений Карпатского региона, использовались данные Крымской сети, сейсмических служб Молдовы, Румынии, Словакии, Польши и Венгрии.

При комплексной обработке землетрясений на станциях определялись энергетические параметры зарегистрированных сейсмических событий.

Для местных землетрясений энергетический класс (K_P) определялся по номограмме Раутиан [2], а локальная магнитуда – по Рихтеру:

$$ML = \lg(A_{z\,max}) - \lg(A_0) \qquad (1)$$

Для землетрясений района Вранча магнитуда определялась по поперечной волне по формуле из [1]

$$MSH = \lg A_s + 1.32 \cdot \lg(\Delta, км) + 0.8 \quad (2)$$

и рассчитаного энергетического класса по уравнению Т. Г. Раутиан [3]

$$K_P = 1.8 \cdot MSH + 4.0 \quad (3)$$

На всех сейсмостанциях в качестве энергетических параметров сейсмических событий определялась магнитуда по длительности (D) записи с использованием формулы А. С. Маламуда из [4]:

$$MD = 2.67 \cdot \lg(D, мин) + 1.65 \quad (4)$$

и рассчитанный энергетический класс KD по формуле Т. Г. Раутиан из [3]:

$$KD = 1.8 \cdot MD + 4.0 \quad (5)$$

Основные параметры землетрясений определялись с помощью программы HYPO [5]. Входными данными являются: дата землетрясения, географические координаты сейсмических станций и времена вступлений сейсмических волн P и S на этих станциях. Для расчетов используются соответствующие годографы, заданные в табличном виде. Программа выполняет расчёт координат, времени возникновения землетрясения и оценку точности результата, как среднеквадратическое отклонение по координатам эпицентра и времени в очаге. Учитывая особенности распространения сейсмических волн в Карпатском регионе для определения основных параметров землетрясений Северо-Западного района (№1) использовался региональный Карпатский годограф [6, 7], а для очагов зоны Вранча (№2) и районов № 5, №7 использовался годограф Джеффриса-Буллена [8].

Всего в 2018 г. сейсмическими станциями Карпатского региона Украины зарегистрировано 48 землетрясений энергетического класса $K_P = 5.2 \div 13.6$. Для всех событий определены основные параметры. На карте (рис. 1) показаны эпицентры землетрясений, которые зарегистрированы в сейсмоактивных районах Карпатского региона. На этой же карте указаны контуры сейсмоактивных районов и их номера. Результаты обработки сейсмических событий представлены в Каталоге и Подробных данных о землетрясениях Карпатского региона за 2018 г. (см. табл. 3, 4).

Сведения о распределении землетрясений по районам, энергетическим классам и величине выделившейся сейсмической энергии приведены в таблице 2.

Суммарная сейсмическая энергия, которая выделилась в Карпатском регионе в 2018 году выше уровня 2017 года ($\Sigma E = 9.30 \cdot 10^{12} Дж$ [9]) и составила $\Sigma E = 4.11 \cdot 10^{13} Дж$. В Северо-Западном районе (№1) выделилось сейсмической энергии $\Sigma E = 7.99 \cdot 10^{8}$Дж, что намного меньше по сравнению с 2017 годом ($\Sigma E = 1.40 \cdot 10^{10} Дж$ [9]).

В районах №3, 4, 6, 7 и 9 землетрясений не зафиксировано.

Характер активности сейсмических процессов в регионе на протяжении года по месяцам представлен в виде диаграмм на Рис. 2 и 3. Наибольшее число землетрясений произошло в сентябре – 9, а наименьшее в феврале – 1. Сейсмичность Северо-Западного района (№1) в 2018 г. представлена 22 событиями. В районе Вранча (№2) зарегистрировано 17 землетрясений. Наибольшая активность в данном районе наблюдалась в сентябре.

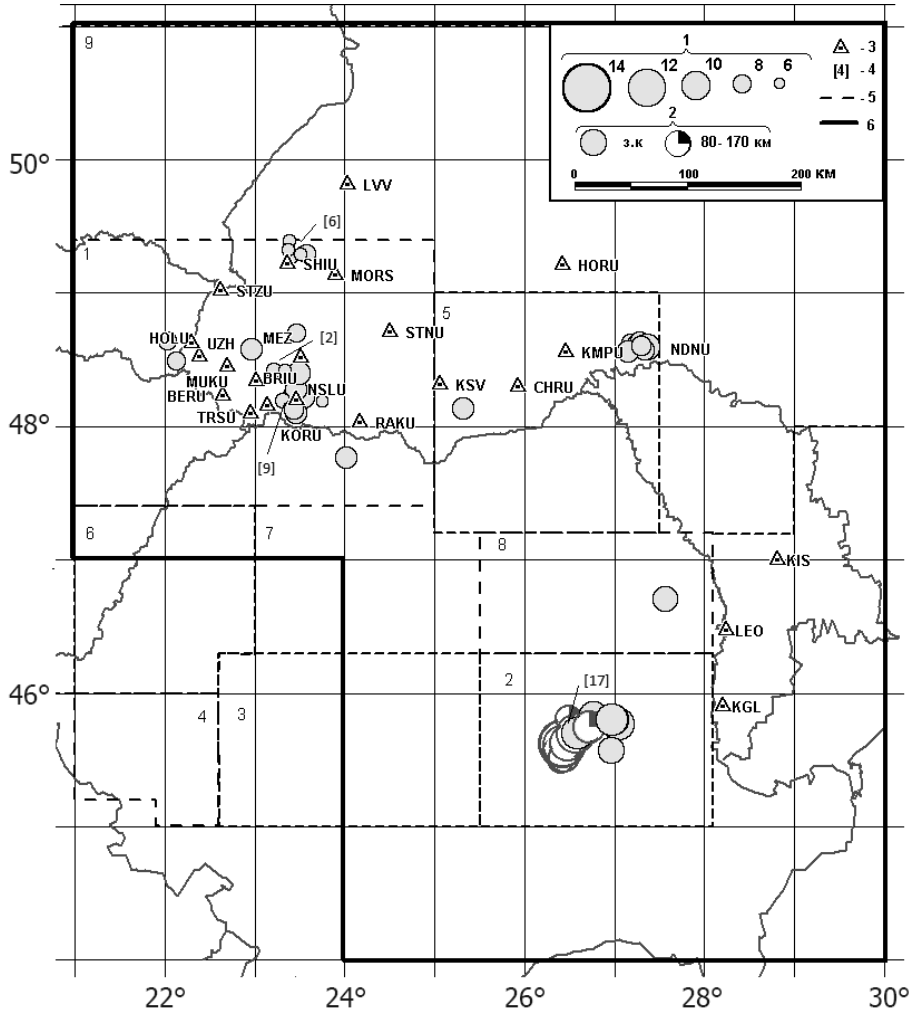


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2018 год. *1* – энергетический класс; *2* – глубина очага, км; *3* – сейсмическая станция; *4* – количество землетрясений с одинаковым эпицентром; *5* – границы сейсмоактивных районов: (*1*) – Северо-Западный; (*2*) – Вранча; (*3*) – Южные Карпаты; (*4*) – Банат; (*5*) – Буковина; (*6*) – Кришана; (*7*) – Трансильвания; (*8*) – Бакэу, (*9*) – Северо-Восточный; *6* – граница региона.

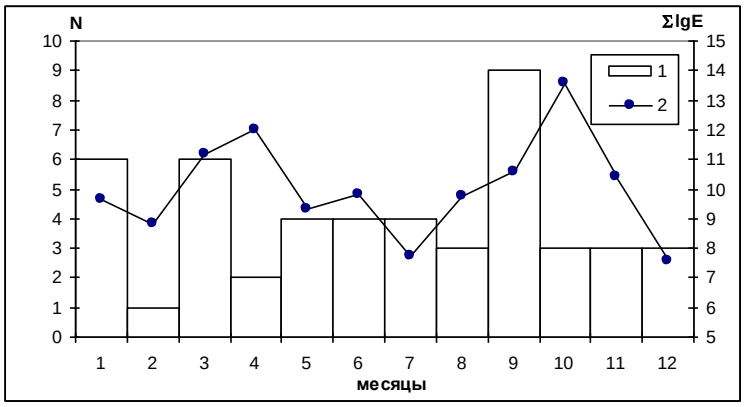


Рис. 2. Распределение количества землетрясений (1) и логарифма выделенной энергии (2) в регионе по месяцам за 2018 год.

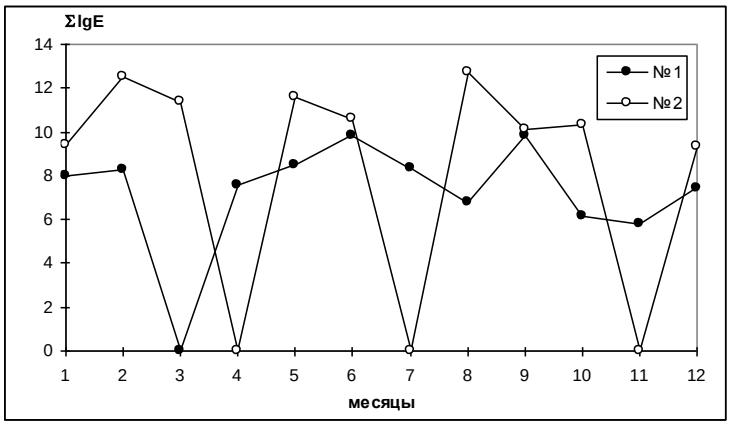


Рис. 3. Распределение логарифма выделенной энергии по месяцам за 2018 год в Северо-Западном районе (№1) и в районе Вранча (№2).

Район №1. Северо-Западный. В этом сейсмоактивном районе зарегистрировано 22 землетрясения энергетического класса K_P=5.2÷7.9, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=7.99\cdot10^8$ *Дж*.

а) Предкарпатье. На протяжении года в январе, сентябре и октябре здесь отмечено 6 коровых землетрясений энергетического класса K_P=5.2÷7.3, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=2.14\cdot10^7$ *Дж*. Все очаги землетрясений, как и в прошлые годы, расположены в Дрогобычском районе Львовской области. Из них: три произошло в районе города Стебника, два – в районе г. Борислава и одно – вблизи г. Дрогобича. Наиболее сильное землетрясение было зафиксировано 27 сентября в 16 час 02 мин с энергетическим классом K_P=7.3 и магнитудой *MSH*=1.2 в районе города Стебник. Очаги всех событий находятся на глубинах от 1.1 до 2.0 *км*.

Таблица 2.

Распределение землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам

	Район	*К*р										К-во з-ний	Σ*E*,*Дж*
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Северо-Западный											22	$7.99*10^8$
	а) Предкарпатье		2	3	1							6	$2.14*10^7$
	б) Закарпатье			4	7	2						13	$2.46*10^8$
	в) Румыния, Мармарош					1						1	$5.01*10^8$
	г) Восточная Словакия				2							2	$3.00*10^7$
2	Вранча											17	$4.11*10^{13}$
	а) горы Вранча						6	8	1	1	1	17	$4.11*10^{13}$
5	Буковина											8	$2.63*10^9$
	а) Подолье			1	4	2	1					8	$2.63*10^9$
8	Бакэу					1						1	$3.98*10^8$
	Всего:											48	$4.11*10^{13}$

б) В Закарпатье в этом году отмечено 13 землетрясений энергетического класса K_P=5.7÷7.9. Их суммарная сейсмическая энергия составляет $\Sigma E=2.46\cdot10^8$ *Дж*. Большинство землетрясений имели магнитуду меньше 2.0.

Эпицентры землетрясений находятся в пределах ранее выделенных сейсмоактивных зон и приурочены к Закарпатскому и Припаннонскому глубинным разломам, расположены вдоль Вулканического хребта.

Семь эпицентров расположены вблизи населенного пункта с. Нижнее Селище, два – в районе с. Долгое и по одному событию в районах с. Новоселица, с. Широкое, с. Перечин и г. Свалява. Наиболее сильные из них зарегистрированы 27 июня в 08 час 28 мин с *KD*=7.8 и глубиной *h*=2 *км* в районе с. Широкое и 8 ноября в 14 час 28 мин с K_P=7.9 и глубиной *h*=3.2 *км* в районе г. Свалява.

в) Мармарошский массив. В сейсмоактивном районе северной части Румынии зарегистрировано одно событие 24 января в 02 час 58 мин с энергетическим классом K_P=8.7 и глубиной очага *h*=2 *км*.

г) Восточная Словакия представлена двумя землетрясениями, которые зарегистрированы 16 июля в 01 час 54 мин с *KD*=7.0 и 5 сентября в 01 час 25 мин и K_P=7.3. Их суммарная энергия составляет $\Sigma E=3.00\cdot10^7$ *Дж*.

Район №2. Вранча.

В этом году, в сейсмоактивном районе Вранча, сетью сейсмических станций Карпатского региона Украины зарегистрировано 17 землетрясений с K_P=8.5÷13.6, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=4.11\cdot10^{13}$*Дж*. При определении координат очагов этих землетрясений были учтены данные сейсмических станций Румынии, Словакии, Венгрии, Польши, Болгарии, Молдовы

и Крыма. Землетрясения зоны Вранча проявляются на большой территории. Юго-Западная часть Украины попадает под непосредственное влияние зоны Вранча. Сейсмическими станциями, зарегистрировано два сильных землетрясения, которые ощущались населением на территории Румынии, Болгарии, Молдовы и Украины.

а) горы Вранча – всего отмечено 17 землетрясений. Их выделившаяся суммарная энергия составляет $\Sigma E=4.11\cdot10^{13}$ *Дж*. Очаги землетрясений сосредоточены в зоне глубокофокусных землетрясений на глубине h=50–160 *км* в горном массиве Вранча. Наиболее сильное колебание земной поверхности было зафиксировано 28 октября в 00 час 38 мин с энергетическим классом K_P=13.6 и магнитудой *MSH*=5.3. Эпицентральная зона подверглась сотрясениям с интенсивностью 4 *балла* по шкале MSK-64 [10]. Землетрясение ощущалось населением на территории Румынии, Болгарии, а на юге Украины в Одесской области (г. Измаил) и в Молдове с интенсивностью I=2–3 *балла.*

Землетрясение 25 апреля в 17 час 15 мин с K_P=12.0, магнитудой *MSH*=4.2, ощущалось на территории Молдовы с интенсивностью I=2 *балла*. Еще одно землетрясение зафиксировано 14 марта в 10 час 24 мин с энергетическим классом K_P=11.2 и магнитудой *MSH*=4.1, которое ощутили в Украине жители г. Одессы и Черноморска.

Район №5. Буковина.

В данном районе зарегистрировано 8 землетрясений с очагами в земной коре и энергетическим классом K_P=6.5÷9.4. Их суммарная сейсмическая энергия составляет $\Sigma E=2.63\cdot10^{9}$ *Дж*.

а) Подолье. Зарегистрировано 8 землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E=2.63\cdot10^{9}$ *Дж*. В этом году, как и в предыдущие годы, наблюдается активизация сейсмичности на территории, прилегающей к реке Днестр в Черновицкой и Хмельницкой области. В Черновицкой области зафиксировано одно землетрясение 10 мая в 11 час 48 мин с K_P=7.6 вблизи с. Берегомет и три землетрясения в районе г. Новоднестровск: 24 марта в 12 час 20 мин с K_P=9.4 и магнитудой *MSH*=2.4; 31 мая в 13 час 00 мин с *KD*=7.0 и магнитудой *MD*=1.6 и 20 июля в 04 час 30 мин с K_P=7.6 и магнитудой *MSH*=2.1. Землетрясение 24 марта довольно сильно ощущалось в с. Ломачинцы. В г. Новоднестровск на верхних этажах ощущали сильный толчок, колебались люстры, кое-где упала посуда. За счет малой глубины очага (h=1 *км*) в селах в радиусе 10 *км* от эпицентра никто из жителей толчка не ощущал. В Хмельницкой области зарегистрировано два землетрясения: в районе с. Куражин 17 января в 04 час 14 мин с K_P=7.2 и в 04 час 16 мин с *KD*=6.1; одно землетрясение в районе с. Березовка в 23 час 47 мин с *KD*=6.5, а также в районе с. Рудковцы 27 декабря в 19 час 39 мин с K_P=7.1.

Район №7. Бакэу.

В этом районе зарегистрировано одно землетрясение 1 ноября в 02 час 33 мин с энергетическим классом K_P=8.6 и магнитудой *MSH*=2.4. Эпицентр находится в сейсмоактивном районе плато Бырлад в восточной Румынии. При определении координат очага землетрясения учтены данные сейсмических станций Карпатского региона Украины, Румынии и Молдовы. Очаг землетрясения расположен в земной коре на глубине h=2 *км*.

ВЫВОДЫ

Сетью сейсмических станций Карпатского региона в 2018 году зарегистрировано 48 землетрясений в диапазоне энергетического уровня K_P=5.2÷13.6. Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия составила ΣE=4.11·10^{13}*Дж*, что выше уровня предыдущего года ΣE=9.30·10^{12}*Дж*. Повышенная сейсмическая активность в этом году наблюдалась в Закарпатье – 13 землетрясений энергетического класса K_P=5.7÷7.9, их суммарная сейсмическая энергия составила ΣE=2.46·10^{8}*Дж*, а также в горах Вранча – 17 землетрясений энергетического класса K_P=8.5÷13.6, их суммарная сейсмическая энергия составила ΣE=4.11·10^{13}*Дж*. Очаги вранчевских землетрясений сосредоточены на глубине *h*=50–160 *км*. Наибольшая активность в районе Вранча наблюдалась в сентябре. Для определения основных параметров землетрясений Северо-Западного района был использован региональный Карпатский годограф, а для очагов зоны Вранча и районов 5, 8 – годограф Джеффриса-Буллена. В статье описаны особенности сейсмичности в отдельных районах Карпатского региона в 2018 году.

Таблица 3.

Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2018 г. (Составители: Прокопишин В. И.[1], Стецкив А. Т.[1], Нищименко И. М.[1], Келеман И. Н.[1], Гаранджа И. А.[1], Добротвир Х. В.[1], Вербицкая О. Я.[1], Давыдяк О. Д.[1], Герасименюк Г. А.[1], Гандарова Г. З.[1], Кикеля Л. М.[1], Вербицкая О. С.[1], Олийнык Г. И.[1], Симонова Н. А.[2])

Время возникновения землетрясения						Координаты эпицентра				Глубина очага		K_P/n	*KD*/n	Магнитуда			№ района
месяц	число	час	мин	с	δt_o,с	φ°	δφ, *км*	λ°	Δλ, *км*	*h*, *км*	δ*h*, *км*			*MSH*	*ML*	*MD*	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	5	2	1	29.7		49.28	0.1	23.42		2.0			5.2/2			0.7/2	1
	10	14	25	56.6	0.1	45.85	0.8	26.77	0.5	7.0		9.6/2	9.2/4	2.8/2		2.9/4	2
	17	1	49	14.3	0.4	49.41	1.8	23.38	1.3	2.0			5.6/2			0.9/2	
	17	4	14	27.8	0.3	48.63	1.5	27.27	2.1	2.0	3.2	7.2/2	6.9/3	1.4/2	1.7/2	1.6/3	5
	17	4	16	9.6	0.0	48.66	0.4	27.29	0.3	2.0	0.5		6.1/2		1.4/2	1.2/2	5
	24	2	58	47.7	0.1	47.79	0.5	24.02	0.5	2.0		8.7/4	7.7/13	1.9/4	1.9/4	2.1/13	1
2	22	21	49	9.5	0.6	45.82	3.8	26.48	4.3	150.0		8.8/1	8.5/10	2.6/1		2.5/10	2
3	12	5	14	45.0	0.3	48.43	1.8	23.22	1.1	2.0		5.7/3	6.1/3	0.7/3	1.2/3	1.2/3	1
	14	10	24	48.7	0.1	45.71	0.5	26.57	0.5	143.0	0.6	11.2/11	11.5/17	4.1/11		4.2/17	2
	14	10	37	6.9	0.2	48.24	1.6	23.43	1.2	6.0		6.9/3	7.2/7	1.6/3	1.9/5	1.8/7	1
	17	0	22	0.3	0.1	45.58	1.4	26.35	1.5	125.0		9.1/2	9.4/7	2.7/6		3.0/7	2
	24	12	20	53.8	0.2	48.61	0.9	27.38	1.1	1.0	0.8	9.4/3	8.6/7	2.4/3	2.6/3	2.6/7	5
	25	0	26	19.4	0.1	48.24	0.8	23.55	0.9	6.0	0.7	6.9/3	7.1/4	1.4/3	1.9/3	1.7/4	1
4	18	9	14	34.0	0.2	48.24	1.5	23.43	1.3	4.9	2.2	6.8/3	7.3/6	1.5/3	2.0/5	1.8/6	1

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	25	17	15	48.0	0.1	45.63	0.7	26.44	0.7	154.4	0.8	12.0/17	11.9/24	4.2/17		4.4/24	2
5	10	11	48	9.1	0.4	48.16	3.0	25.32	1.0	0.7		7.6/2	7.3/5	1.6/2	1.9/3	1.8/5	5
	14	8	17	35.3	0.1	45.60	0.5	26.96	0.6	13.2	0.9	9.3/4	9.3/9	2.5/5		3.0/9	2
	16	8	56	53.2	0.3	48.13	1.6	23.47	1.0	5.2	2.0	7.3/4	7.2/6	1.5/4	1.8/5	1.8/6	1
	31	13	0	44.8	0.1	48.58	0.5	27.35	0.5	2.5	0.7		7.0/2		1.8/1	1.6/2	5
6	13	8	51	58.0	0.3	48.29	1.1	23.46	0.8	0.8	1.4	7.5/1	7.6/3	2.0/1	1.9/3	2.0/3	1
	16	21	40	37.0	0.1	45.72	0.8	26.67	0.8	120.0		9.7/3	10.0/5	2.8/3		3.3/5	2
	19	23	5	1.5	0.1	45.51	0.9	26.40	0.9	124.0		9.0/2	9.5/5	2.5/3		3.1/5	2
	27	8	28	48.5	0.3	48.41	1.4	23.49	0.7	2.0			7.8/2		2.2/2	2.1/2	1
7	1	21	49	28.7	0.3	48.20	1.8	23.76	1.2	3.5		5.9/3	5.4/3	0.7/3	0.8/3	0.8/3	1
	16	1	54	35.4	0.4	48.66	2.8	22.03	1.2	5.0			7.0/5		1.5/4	1.7/5	1
	20	4	30	28.3	0.6	48.57	1.7	27.15	2.8	2.0	2.0	7.6/1	7.4/3	2.1/1	2.0/1	1.9/3	5
	31	23	47	2.7	0.9	48.64	2.3	27.19	4.0	2.0	3.8		6.5/2			1.4/2	5
8	8	19	46	22.7	0.2	45.54	0.9	26.45	1.3	129.7	1.3	9.0/6	9.9/9	2.9/4		3.3/9	2
	22	14	52	44.8	0.1	45.77	1.0	26.72	1.2	132.1	0.8	9.7/12	10.4/17	3.3/12		3.5/17	2
	27	1	3	33.8	0.1	48.44	0.6	23.34	0.6	2.0		6.3/2	5.8/3	0.8/2	0.6/3	1.0/3	1
9	1	15	15	47.8	0.3	49.34	1.4	23.38	0.8	1.1	1.2		5.5/2			0.9/2	1
	5	1	25	34.1	0.7	48.50	1.7	22.14	3.2	4.0		7.3/6	6.8/9	1.3/6	1.6/7	1.6/9	1
	7	11	43	9.7	0.1	45.80	1.5	27.05	1.2	33.0		9.6/4	9.7/6	2.5/4		3.2/6	2
	8	10	56	39.9	0.1	45.83	0.9	27.01	0.7	27.1	0.9	9.7/6	9.7/9	2.6/6		3.1/9	2
	18	9	32	37.4	0.1	45.83	1.1	26.98	1.0	64.0		9.7/5	9.8/7	3.1/5		3.2/7	2
	19	2	43	49.7	0.1	45.78	1.1	26.64	1.2	139.9	0.8	8.6/1	9.4/3	2.8/1		3.0/3	2
	22	2	4	58.1	0.2	45.64	0.9	26.47	1.1	137.2	1.1	10.4/3	10.7/16	3.9/3		3.7/16	2
	27	16	2	49.2	0.4	49.31	2.6	23.59	0.6	1.7	0.9	7.3/3	7.0/5	1.2/3	1.4/3	1.7/5	1
	29	0	56	52.9	0.2	48.21	1.8	23.31	0.6	2.0		6.1/1	6.1/3	1.1/1	1.2/2	1.1/3	1
10	7	1	26	49.0	0.2	49.31	1.3	23.51	0.6	2.0			5.6/1			0.9/1	1
	22	21	21	5.9	0.4	49.31	1.9	23.54	1.2	2.0			5.3/1			0.7/1	1
	28	0	38	10.4	0.1	45.65	0.6	26.43	0.6	157.5	0.7	13.6/16	12.9/25	5.3/16		5.0/25	2
11	1	2	33	37.0	0.1	46.74	0.8	27.58	0.9	2.0		8.6/2	8.0/3	2.4/2		2.2/3	8
	8	3	47	48.8	0.1	45.73	1.0	26.60	1.0	74.0		10.4/6	10.1/15	3.2/6		3.4/15	2
	8	14	28	43.5	0.2	48.60	0.7	22.96	0.7	3.2	0.6	7.9/2	7.5/12	1.9/2	2.0/4	1.9/12	1
12	11	18	5	28.4	0.1	48.72	0.3	23.48	0.5	2.0		7.1/1	6.5/5	1.5/1	1.2/3	1.4/5	1
	21	10	22	22.7	0.3	48.14	1.2	23.45	1.0	2.0		7.1/5	7.1/6	1.6/5	1.8/5	1.7/6	1
	27	19	39	41.4	0.2	48.62	1.6	27.32	1.4	2.0	1.9	7.1/2	7.1/5	1.5/2	1.8/2	1.7/5	5

[1]Институт геофизики имени С.И.Субботина Национальной Академии наук Украины, г.Львов, Украина
[2]Институт геологии и сейсмологии Академии Наук Молдовы, г.Кишинев, Молдова

25.04-17ч15мин ощущалось в Румынии (район Вранча), Молдове с интенсивностю Ik=2 балла
28.10 - 00ч 38мин ощущалось в Румынии (район Вранча), Украине (Одеская обл., г.Измаил, Белгород-Днестровский), Болгарии и в Молдове с интенсивностью Ik =2-3 балла

Таблица 4

Подробные данные о Карпатских землетрясениях в 2018 г.

Стан-	Δ,	Фаза	Время			T,	A, *мкм*			*K*р	*KD*	*D*,с	Магнитуда			
ция	*км*		*ч*	*м*	*с*	*с*	N-S	E-W	Z				*MSH*	*ML*	*MPV*	*MD*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N 1. 5 января. Львовская обл., р-н г.Борислав.																
0=2ч 1мин 29.7с; φ=49.28°N; λ=23.42°E; h=2 км; MD=0.7(2); KD=5.2(2);																
SHIU	7.5	ePg	2	1	31.4						4.7	20				0.4
		eSg	2	1	32.6											
MORS	38	ePg	2	1	37.0						5.7	33				1.0
		eSg	2	1	42.5											
N 2. 10 января. Румыния, р-н Вранча.																
0=14ч 25мин 56.6с; φ=45.85°N; λ=26.76°E; h=7 км; MD=2.9(4); Kp=9.7(2); KD=9.2(4); MSH=2.8(2);																
MILM	197	P	14	26	28.7											
		S	14	26	51.7											
KMPU	302	eP	14	26	42.3						9.0	161				2.8
		eS	14	27	15.8											
KSV	302	iP	14	26	41.2						9.2	171				2.9
		Pm	14	26	46.2	0.80			0.03	9.6						
		eS	14	27	15.3											
		Sm	14	27	28.3	0.75	0.25	0.32					2.9			
NDNU	308	eP	14	26	43.4						9.2	172				2.9
		Pm	14	26	55.7	0.40			0.15	9.7						
		eS	14	27	15.7											
		Sm	14	27	23.8	0.30	0.28	0.13					2.8			
HORU	374	eP	14	26	50.8						9.2	179				2.9
		eS	14	27	32.2											
N 3. 17 января. Львовская обл., р-н г.Дрогобич.																
0=1ч 49мин 14.3с; φ=49.41°N; λ=23.38°E; h=2 км; MD=0.9(2); KD=5.6(2);																
SHIU	20	ePg	1	49	18.4						5.5	29				0.8
		eSg	1	49	21.3											
MORS	48	ePg	1	49	23.2						5.7	33				1.0
		eSg	1	49	30.4											
N 4. 17 января. Хмельницкая обл., р-н с.Куражин.																
0=4ч 14мин 27.8с; φ=48.63°N; λ=27.27°E; h=2 км;																
MD=1.6(3); Kp=7.2(2); KD=7.0(3); ML=1.7(2); MSH=1.6(2);																
NDNU	8	-ePg	4	14	29.0						5.8	34				1.0
		Pm	4	14	29.0	0.10			0.22	5.8						
		eSg	4	14	30.3											
		Sm	4	14	30.3	0.10	0.41	0.09					0.8			

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
KMPU	60	ePg	4	14	37.2						7.4	75				1.9
HORU	90	eSg	4	14	53.3											
KSV	166	ePn	4	14	54.6						7.6	81				2.0
		Pm	4	14	55.6	0.40			0.01	8.6						
		eSn	4	15	13.8											
		Sm	4	15	16.9	0.30	0.01	0.12					2.0			
		m	4	15	17.8	0.25			0.02					1.7		

N 5. 17 января. Хмельницкая обл., р-н с.Куражин.

0=4ч 16мин 9.6с; φ=48.66°N; λ=27.29°E; h=2 км; MD=1.2(2); KD=6.1(2); ML=1.4(2);

NDNU	8.9	ePg	4	16	11.1						4.9	22				0.5
		eSg	4	16	12.3											
		m	4	16	12.6	0.20			0.47					1.4		
KSV	168	ePn	4	16	36.4						7.3	70				1.8
		eSn	4	16	56.0											
		m	4	17	0.5	0.20			0.01					1.4		

N 6. 24 января. Румыния, Мармарош.

0=2ч 58мин 47.7с; φ=47.79°N; λ=24.02°E; h=2 км;

MD=2.1(13); Kp=8.7(4); KD=7.7(13); ML=2.0(4); MSH=1.9(4);

NSLU	62	ePg	2	58	59.3						7.5	77				1.9
		Pm	2	59	4.4	0.10			0.05	8.7						
		eSg	2	59	8.1											
		Sm	2	59	9.9	0.20	0.37	0.02					1.9			
		m	2	59	18.4	0.20			0.15					1.9		
KORU	78	ePg	2	59	1.8						7.7	87				2.1
		eSg	2	59	12.2											
TRSU	86	ePg	2	59	3.6						7.7	86				2.1
		Pm	2	59	4.6	0.10			0.07	8.5						
		m	2	59	4.7	0.20			0.06					1.7		
		eSg	2	59	14.8											
		Sm	2	59	19.1	0.20	0.17	0.09					1.8			
MEZ	89	ePg	2	59	3.3						7.8	88				2.1
		eSg	2	59	15.2											
BRIU	96	ePg	2	59	5.4						7.8	91				2.1
		Pm	2	59	9.2	0.20			0.06	8.9						
		eSg	2	59	17.7											
		Sm	2	59	20.7	0.20	0.23	0.01					2.0			
		m	2	59	23.6	0.30			0.08					1.9		
KSV	97	ePg	2	59	5.7						7.6	80				2.0

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	2	59	11.2	0.20			0.02	8.7						
		eSg	2	59	18.5											
		Sm	2	59	21.1	0.30	0.18	0.16					2.0			
STNU	109	ePg	2	59	7.6						7.4	75				1.9
		eSg	2	59	21.6											
BERU	114	ePg	2	59	8.0						7.7	86				2.1
		m	2	59	8.5	0.20			0.14					2.2		
		eSg	2	59	22.4											
HOLU	147	ePg	2	59	12.4						7.6	82				2.0
MORS	151	ePg	2	59	13.5						7.9	91				2.1
		eSg	2	59	31.9											
SHIU	167	ePn	2	59	15.7						7.9	95				2.2
		eSn	2	59	36.0											
KMPU	200	ePn	2	59	20.8						8.0	100				2.2
		eSn	2	59	44.4											
NDNU	264	ePn	2	59	28.8						7.9	93				2.1
		eSn	2	59	58.7											
SORM	325	P	2	59	36.6											
						N 7. 22 февраля. Карпаты, р-н Вранча.										
						0=21ч 49мин 9.5с; φ=45.82°N; λ=26.48°E; h=150 км;										
						MD=2.5(10); Kp=8.8(1); KD=8.6(10); MSH=2.6(1);										
CHRU	279	eS	21	50	23.7											
KSV	297	eP	21	49	53.8						8.4	117				2.4
RAKU	302	eP	21	49	53.5						8.6	128				2.5
NDNU	316	+iP	21	49	56.1						8.9	153				2.7
		Pm	21	49	56.6	0.30			0.09	8.8						
		eS	21	50	30.1											
		Sm	21	50	31.0	0.40	0.01	0.03					2.6			
NSLU	350	eP	21	49	59.8						8.6	133				2.6
KORU	363	eP	21	50	0.8						8.5	124				2.5
MEZ	374	eP	21	50	2.0						8.6	131				2.6
BRIU	383	eP	21	50	4.0						9.0	159				2.8
BERU	395	eP	21	50	4.8						8.2	110				2.4
MUKU	410	eP	21	50	7.0						8.4	116				2.4
HOLU	432	-iP	21	50	9.4						8.3	113				2.4
						N 8. 12 марта. Закарпатье, р-н с.Долгое.										
						0=5ч 14мин 45с; φ=48.43°N; λ=23.22°E; h=2 км;										
						MD=1.2(3); Kp=5.7(3); KD=6.1(3); ML=1.2(3); MSH=0.7(3);										
BRIU	18	ePg	5	14	48.2						5.9	37				1.1

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	5	14	49.5	0.10			0.06	5.5						
		eSg	5	14	51.4											
		m	5	14	51.6	0.30			0.13					1.4		
		Sm	5	14	53.1	0.10	0.04	0.10					0.6			
MEZ	24	ePg	5	14	49.4						6.4	46				1.3
		Pm	5	14	49.5	0.10			0.20	6.0						
		eSg	5	14	53.3											
		Sm	5	14	53.8	0.70	0.05	0.05					0.7			
		m	5	14	54.0	0.10			0.07					1.2		
NSLU	32	ePg	5	14	50.3						6.1	39				1.1
		Pm	5	14	54.4	1.30			0.01	5.7						
		eSg	5	14	55.8											
		Sm	5	15	0.4	1.00	0.04	0.04					0.8			
		m	5	15	6.8				0.04					1.1		

N 9. 14 марта. Карпаты, р-н Вранча.

0=10ч 24мин 48.7с; φ=45.71°N; λ=26.57°E; h=143 км;

MD=4.2(17); Kp=11.2(11); KD=11.5(17); MSH=4.1(11);

GIUM	129	P	10	25	15.1											
		S	10	25	33.8											
LEOM	155	P	10	25	17.2											
		S	10	25	37.5											
MILM	218	P	10	25	23.4											
		eP	10	25	23.5											
		eS	10	25	47.6											
KIS	224	eP	10	25	24.2											
		iS	10	25	49.3											
CHRU	292	iP	10	25	31.9						11.6	547				4.2
		Pm	10	25	32.7	0.40			0.69	11.5						
		-iS	10	26	4.2											
		Sm	10	26	4.6	0.75	2.20	1.92					4.5			
SORM	302	P	10	25	32.2											
KSV	312	+iP	10	25	33.8						11.5	535				4.2
		Pm	10	25	34.4	0.40			0.42	11.4						
		iS	10	26	8.7											
		Sm	10	26	12.4	1.05	1.76	0.81					4.4			
RAKU	316	-iP	10	25	34.2						11.6	557				4.2
		+iS	10	26	9.9											
KMPU	318	+iP	10	25	34.3						11.5	518				4.2
		iS	10	26	9.7											

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NDNU	327	-iP	10	25	35.4						11.5	537				4.2
		Pm	10	25	35.9	0.20			2.83	11.9						
		-iS	10	26	8.6											
		Sm	10	26	11.7	0.75	1.05	0.07					4.1			
NSLU	364	-iP	10	25	40.2						11.4	507				4.1
		Pm	10	25	41.7	1.00			0.64	11.6						
		iS	10	26	20.0											
		Sm	10	26	31.1	2.10	1.58	0.46					4.4			
STNU	369	+iP	10	25	41.3						11.6	544				4.2
		iS	10	26	20.9											
KORU	377	-iP	10	25	41.7											
		iS	10	26	22.9											
TRSU	382	eP	10	25	42.1						11.5	525				4.2
		Pm	10	25	43.8	0.90			0.35	10.7						
		iS	10	26	23.7											
		Sm	10	26	37.6	0.95	0.34	0.23					3.8			
MEZ	389	+iP	10	25	44.0						11.5	537				4.2
		iS	10	26	25.0											
HORU	390	+iP	10	25	42.9											
		Pm	10	25	43.7	0.20			0.59	11.9						
		iS	10	26	24.4											
		Sm	10	26	25.7	0.45	2.87	0.01					4.7			
BRIU	398	iP	10	25	44.3						11.3	485				4.1
		eS	10	26	27.7											
BERU	410	-iP	10	25	45.5						11.4	509				4.1
		Pm	10	25	47.1	1.00			0.50	10.8						
		iS	10	26	29.5											
		Sm	10	26	45.8	1.00	0.20	0.08					3.6			
MUKU	424	+iP	10	25	47.3						11.6	544				4.2
		Pm	10	25	48.0	0.70			0.58	11.2						
		iS	10	26	32.7											
		Sm	10	26	37.2	1.30	0.35	0.32					3.9			
MORS	431	-iP	10	25	48.7						11.5	522				4.2
		iS	10	26	34.3											
HOLU	446	+iP	10	25	49.6						11.4	511				4.1
		iS	10	26	37.2											
UZH	459	+iP	10	25	51.6						11.4	506				4.1
		Pm	10	25	52.2	0.90			0.07	10.3						
		iS	10	26	39.9											

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	10	26	51.6	2.30	0.22	0.14					3.7			
SHIU	460	+iP	10	25	52.3						11.5	523				4.2
		Pm	10	25	53.6	1.00			0.05	10.5						
		iS	10	26	40.3											
		Sm	10	26	46.9	2.75	0.29	0.06					3.8			
LVV	495	iP	10	25	55.9						11.5	532				4.2
		Pm	10	25	56.9	0.90			0.18	11.5						
		iS	10	26	47.7											
		Sm	10	26	59.0	1.30	0.96	0.87					4.5			
YAL	610	eP	10	26	9.4											
		eS	10	27	11.3											
ALU	624	eP	10	26	9.8											
		eS	10	27	13.2											
SUDU	665	eP	10	26	14.3											
		eS	10	27	20.8											
FEO	690	eP	10	26	19.8											

N 10. 14 марта. Закарпатье, р-н с.Нижнее Селище.

0=10ч 37мин 6.9с; φ=48.24°N; λ=23.43°E; h=6 км;

MD=1.8(7); Kp=6.9(3); KD=7.2(7); ML=1.9(5); MSH=1.6(3);

NSLU	5.6	iPg	10	37	8.0						7.1	63				1.7
		Pm	10	37	9.0	0.80			0.20	6.5						
		iSg	10	37	10.1											
		m	10	37	11.1	0.20			2.20					2.0		
		Sm	10	37	11.8	0.80	2.63	0.80					1.4			
KORU	24	iPg	10	37	11.0						7.1	65				1.7
		Pm	10	37	12.8	1.00			0.22	7.1						
		iSg	10	37	15.1											
		Sm	10	37	28.2	0.98	0.74	0.47					1.8			
		m	10	37	37.4	1.00			1.50					2.4		
MEZ	31	iPg	10	37	13.6						7.1	65				1.7
BRIU	32	iPg	10	37	13.5						7.2	70				1.8
		eSg	10	37	16.5											
		m	10	37	39.1	0.70			0.22					1.7		
TRSU	39	iPg	10	37	15.1						7.4	74				1.9
		Pm	10	37	16.6	0.90			0.06	7.0						
		iSg	10	37	19.4											
		Sm	10	37	36.0	0.95	0.20	0.30					1.7			
		m	10	37	50.1	0.80			0.22					1.8		
MUKU	60	ePg	10	37	17.2						7.1	69				1.7

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		iSg	10	37	26.1											
RAKU	60	iPg	10	37	16.5						7.2	70				1.8
		iSg	10	37	25.3											
		m	10	37	30.2	0.50			0.08					1.6		
SHIU	109	eSg	10	37	41.0											

N 11. 17 марта. Карпаты, р-н Вранча.

0=0ч 22мин 0.3с; φ=45.58°N; λ=26.35°E; h=125 км; MD=3.0(7); Kp=9.1(2); KD=9.4(7); MSH=2.7(6);

GIUM	145	P	0	22	26.6											
		S	0	22	45.6											
LEOM	177	P	0	22	29.7											
		S	0	22	50.9											
MILM	241	P	0	22	36.4											
		S	0	23	2.0											
KIS	247	P	0	22	37.1											
		S	0	23	3.5											
CHRU	304	P	0	22	44.6											
RAKU	319	ePn	0	22	46.1						9.2	172				2.9
KSV	320	ePn	0	22	46.4											
SORM	323	P	0	22	45.2											
		S	0	23	17.8											
KMPU	332	ePn	0	22	46.4						9.2	172				2.9
		eSn	0	23	20.5											
NDNU	344	ePn	0	22	48.1						9.2	172				2.9
		Pm	0	22	48.3	0.20			0.05	8.8						
		eSn	0	23	22.7											
		Sm	0	23	24.5	0.20	0.01	0.03					2.6			
NSLU	365	ePn	0	22	51.5						9.3	180				2.9
STNU	376	ePn	0	22	52.9											
MEZ	391	iPn	0	22	54.9						9.2	175				2.9
HORU	405	iPn	0	22	55.6						9.1	169				2.9
		Pm	0	22	55.9	0.20			0.01	9.3						
		eSn	0	23	37.6											
		Sm	0	23	52.8	0.15	0.01	0.11					3.3			
MUKU	424	ePn	0	22	58.4						11.0	183				3.9
MORS	437	iPn	0	23	0.2											
SIM	612	S	0	24	20.4											
		Sm	0	24	22.9	0.29	0.00	0.01					2.6			
YAL	625	S	0	24	22.6											
		Sm	0	24	29.0	0.35	0.00	0.00					2.4			

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ALU	639	S	0	24	27.2											
		Sm	0	24	29.0	0.36	0.00						2.6			
SUDU	681	S	0	24	36.1											
		Sm	0	24	37.8	0.37	0.00	0.01					2.9			

N 12. 24 марта. Черновицкая обл., р-н г.Новоднестровск.

0=12ч 20мин 53.8с; φ=48.61°N; λ=27.38°E; h=1 км;

MD=2.6(7); Kp=9.4(3); KD=8.6(7); ML=2.6(3); MSH=2.4(3);

NDNU	1.8	ePg	12	20	53.5						7.0	62				1.7
		Pm	12	20	53.5	0.10			7.00	7.5						
		eSg	12	20	54.0											
		Sm	12	20	54.1	0.10	11.87	6.42					1.6			
		m	12	20	55.0	0.15			22.1 0					2.4		
KMPU	68	ePg	12	21	4.3						8.7	135				2.6
		eSg	12	21	12.3											
HORU	97	ePg	12	21	9.8						8.9	149				2.7
		eSg	12	21	21.2											
KSV	174	ePn	12	21	21.3						8.9	153				2.7
		Pm	12	21	22.0	0.30			0.04	10.6						
		eSn	12	21	41.3											
		Sm	12	21	44.8	0.30	0.10	1.44					3.1			
		m	12	21	48.5	0.25			0.16					2.5		
STNU	212	ePn	12	21	27.6						8.9	154				2.7
		eSn	12	21	51.5											
MILM	216	ePn	12	21	30.6											
RAKU	246	ePn	12	21	33.5						8.9	151				2.7
		Pm	12	21	35.1	0.30			0.10	10.0						
		eSn	12	22	0.3											
		Sm	12	22	5.4	0.30	0.24	0.04					2.5			
		m	12	22	5.5	0.30			0.20					2.9		
MORS	261	ePn	12	21	34.0						9.1	168				2.9
		eSn	12	22	3.5											
LVV	278	eSn	12	22	6.3											
NSLU	293	eSn	12	22	11.7											
SHIU	302	eSn	12	22	13.1											

N 13. 25 марта. Закарпатье, р-н с.Нижнее Селище.

0=0ч 26мин 19.4с; φ=48.24°N; λ=23.55°E; h=6 км;

MD=1.7(4); Kp=6.9(3); KD=7.1(4); ML=1.9(3); MSH=1.4(3);

NSLU	8.5	iPg	0	26	21.3						7.1	61				1.7

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	0	26	22.3	1.00			0.00	6.0						
		iSg	0	26	22.9											
		m	0	26	23.2	0.10			1.80					2.1		
		Sm	0	26	26.1	1.15	0.70	0.60					1.2			
MEZ	30	iPg	0	26	25.3						7.1	62				1.7
		iSg	0	26	29.4											
KORU	32	iPg	0	26	25.3						7.1	64				1.7
		Pm	0	26	26.9	1.50			0.07	6.7						
		iSg	0	26	30.3											
		Sm	0	26	31.6	0.75	0.10	0.01					1.2			
		m	0	26	38.0	0.80			0.60					2.2		
BRIU	41	iPg	0	26	26.8						7.2	70				1.8
		m	0	26	27.0	0.20			0.06					1.3		
		Pm	0	26	27.7	1.00			0.03	8.0						
		eSg	0	26	32.9											
		Sm	0	26	38.2	1.30	0.60	0.01					1.9			
TRSU	47	iSg	0	26	34.9											
BERU	67	iSg	0	26	39.9											
MUKU	68	eSg	0	26	40.4											
STNU	87	eSg	0	26	46.6											
SHIU	110	eSg	0	26	53.6											
			N 14. 18 апреля. Закарпатье р-н с.Нижнее Селище.													
			0=9ч 14мин 34с; φ=48.24°N; λ=23.43°E; h=4.9 км;													
			MD=1.8(6); Kp=7.0(3); KD=7.3(6); ML=1.9(5); MSH=1.5(3);													
NSLU	5.4	iPg	9	14	35.1						7.2	71				1.8
		Pm	9	14	36.2	0.70			0.20	6.1						
		iSg	9	14	37.0											
		Sm	9	14	39.5	1.00	1.60	1.80					1.4			
		m	9	14	40.0	0.50			1.15					1.7		
KORU	24	iPg	9	14	37.8						7.2	70				1.8
		eSg	9	14	42.3											
		m	9	15	2.8	0.95			1.55					2.4		
MEZ	31	ePg	9	14	40.4						7.2	69				1.8
		iSg	9	14	44.7											
		m	9	14	54.4	1.00			0.26					1.8		
BRIU	32	iPg	9	14	39.2						7.4	71				1.9
		Pm	9	14	41.4	1.40			0.13	7.1						
		iSg	9	14	44.5											
		m	9	15	5.1	0.90			0.25					1.8		

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	9	15	6.4	1.20	0.38	0.32					1.7			
TRSU	38	ePg	9	14	41.8						7.4	72				1.9
		Pm	9	14	44.2	1.40			0.10	7.2						
		eSg	9	14	46.8											
		Sm	9	15	5.8	1.00	0.15	0.26					1.6			
		m	9	15	23.3	1.10			0.36					2.0		
RAKU	60	iSg	9	14	52.7											
HOLU	83	iPg	9	14	49.3						7.2	70				1.8
		eSg	9	15	1.3											

N 15. 25 апреля. Карпаты, р-н Вранча.

0=17ч 15мин 48с; φ=45.63°N; λ=26.44°E; h=154.4 км;

MD=4.4(24); Kp=12.0(17); KD=11.9(24); MSH=4.2(17); MPV=4.7(2);

MILM	232	-iP	17	16	25.2						11.7	285				4.3
		Pm	17	16	25.6	0.11			3.30	12.4					5.0	
		+iS	17	16	51.2											
		Sm	17	16	51.8	0.11	4.70	4.00					5.2			
KIS	238	P	17	16	25.8						12.3	330				4.6
		Pm	17	16	26.2	0.51			3.90	12.2					4.4	
		eS	17	16	52.2											
		Sm	17	16	53.3	0.38	10.10	3.50					4.3			
CHRU	299	+iP	17	16	32.1						12.0	683				4.5
		Pm	17	16	32.7	0.50			1.17	12.1						
		iS	17	17	6.3											
		Sm	17	17	8.0	0.55	4.74	4.22					4.9			
SORM	314	P	17	16	33.7											
KSV	316	+iP	17	16	34.0						12.0	677				4.5
		Pm	17	16	34.2	0.50			1.72	11.8						
		eS	17	17	9.6											
		Sm	17	17	14.6	0.70	1.81	0.38					4.4			
RAKU	318	-iP	17	16	34.7						12.0	677				4.5
		Pm	17	16	35.7	0.50			0.81	11.3						
		iS	17	17	10.5											
		Sm	17	17	23.8	1.15	0.29	0.22					3.7			
KMPU	326	+iP	17	16	35.0						12.1	708				4.5
		+iS	17	17	10.2											
NDNU	337	+iP	17	16	36.6						12.0	677				4.5
		Pm	17	16	36.8	0.20			1.83	11.7						
		iS	17	17	11.7											
		Sm	17	17	11.9	0.55	0.93	0.28					4.1			

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NSLU	365	+iP	17	16	40.2						12.2	728				4.5
		Pm	17	16	41.1	0.70			2.44	11.8						
		eS	17	17	20.2											
		Sm	17	17	31.3	0.60	0.37	0.15					3.8			
STNU	373	+iP	17	16	41.4						12.0	672				4.5
		eS	17	17	21.8											
KORU	377	+iP	17	16	41.2						12.1	692				4.5
		eS	17	17	23.1											
TRSU	381	+iP	17	16	41.7						12.0	678				4.5
		Pm	17	16	42.8	0.70			1.46	11.5						
		eS	17	17	23.4											
		Sm	17	17	33.4	1.05	0.39	0.06					3.8			
MEZ	390	+iP	17	16	43.0						12.2	717				4.5
		iS	17	17	25.5											
BRIU	397	+iP	17	16	43.7						12.0	654				4.4
		Pm	17	16	44.4	0.80			4.16	12.3						
		eS	17	17	27.4											
		Sm	17	17	36.3	0.85	0.84	0.15					4.2			
HORU	399	+iP	17	16	43.7						11.9	640				4.4
		Pm	17	16	44.2	0.40			0.55	12.0						
		iS	17	17	26.2											
		Sm	17	17	26.7	0.70	3.13	2.95					4.9			
BERU	408	+iP	17	16	43.6						12.0	684				4.5
		Pm	17	16	44.6	1.10			2.36	11.8						
		eS	17	17	29.3											
		Sm	17	17	30.7	1.00	0.17	0.07					3.5			
MUKU	424	+iP	17	16	47.1						12.0	668				4.4
		Pm	17	16	47.8	0.90			1.53	11.7						
		eS	17	17	32.4											
		Sm	17	17	34.6	0.95	0.22	0.19					3.7			
MORS	434	-iP	17	16	49.0						11.9	649				4.4
		eS	17	17	34.8											
HOLU	445	+iP	17	16	49.5						12.1	691				4.5
		eS	17	17	37.2											
UZH	458	-iP	17	16	50.8						12.1	700				4.5
		Pm	17	16	53.1	1.10			0.30	10.7						
		eS	17	17	39.4											
		Sm	17	17	57.1	0.80	0.19	0.08					3.6			
LVV	499	+iP	17	16	56.0						12.0	665				4.4

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	17	16	57.1	0.70			0.54	11.4						
		iS	17	17	48.3											
		Sm	17	17	52.5	0.95	0.48	0.34					4.1			
SIM	605	eP	17	17	9.0						11.4	320				4.1
		Pm	17	17	17.5	0.45			0.11	13.2						
		eS	17	18	9.1											
		Sm	17	18	10.5	1.05	1.60	0.77					4.7			
YAL	619	eP	17	17	10.0						11.2	265				4.0
		Pm	17	17	12.3	0.51			0.03							
		eS	17	18	10.8											
ALU	633	iP	17	17	11.1						11.2	286				4.0
		Pm	17	17	11.6	0.36			0.03	12.9						
		iS	17	18	16.3											
		Sm	17	18	16.7	0.77		0.93								
SUDU	675	eP	17	17	14.9						11.4	330				4.1
		Pm	17	17	17.3	0.38			0.06	13.3						
		iS	17	18	22.3											
		Sm	17	18	27.4	0.68	0.16	1.30					4.8			
FEO	700	eS	17	18	31.1											
		Sm	17	18	36.0	0.67	0.08	0.46					4.4			
							N 16. 10 мая. Черновицкая обл., р-н с.Берегомет.									
							0=11ч 48мин 9.1с; φ=48.16°N; λ=25.32°E; h=0.7 км;									
							MD=1.8(5); Kp=7.6(2); KD=7.3(5); ML=1.9(3); MSH=1.6(2);									
KSV	26	iP	11	48	13.8						7.3	70				1.8
		Pm	11	48	15.3	1.40			0.28	7.6						
		iS	11	48	18.8											
		m	11	48	22.6	0.20			0.29					1.7		
		Sm	11	48	24.1	1.05	0.40	0.50					1.7			
STNU	86	eS	11	48	35.9											
KMPU	95	iP	11	48	26.7						7.4	75				1.9
		iS	11	48	38.5											
NSLU	139	eS	11	48	51.2											
MEZ	139	eP	11	48	34.1						7.3	70				1.8
		eS	11	48	51.6											
HORU	142	iP	11	48	33.5						7.3	70				1.8
		iS	11	48	52.5											
		m	11	48	57.4	0.40			0.03					1.7		
MORS	151	eS	11	48	53.5											
NDNU	158	iP	11	48	36.6						7.3	69				1.8

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		m	11	48	37.6	0.55			0.11					2.3		
		Pm	11	48	37.8	0.70			0.01	7.6						
		iS	11	48	56.2											
		Sm	11	49	2.9	0.80	0.02	0.04					1.5			

N 17. 14 мая. Румыния, р-н Вранча.

0=8ч 17мин 35.3с; φ=45.6°N; λ=26.96°E; h=13.2 км;

MD=3.0(9); Kp=9.3(4); KD=9.3(9); MSH=2.5(5); MPV=2.8(1);

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GIUM	98	P	8	17	51.6											
		S	8	18	4.6											
LEOM	139	P	8	17	57.7											
		S	8	18	15.2											
MILM	205	eP	8	18	7.4						10.3	170				3.5
		Pm	8	18	9.0	0.40			0.09						2.8	
		eS	8	18	31.4											
		Sm	8	18	35.0	0.30	0.23	0.15					2.9			
KIS	211	eS	8	18	34.7											
SORM	301	S	8	18	52.9											
KMPU	332	eP	8	18	24.0						9.1	170				2.9
		iS	8	19	0.7											
KSV	335	iP	8	18	23.2						9.1	163				2.8
		Pm	8	18	41.1	0.50			0.02	9.5						
		iS	8	19	0.9											
		Sm	8	19	20.6	0.40	0.20	0.04					2.6			
NDNU	335	eP	8	18	23.9						9.1	164				2.8
		Pm	8	18	37.9	0.20			0.06	8.9						
		iS	8	19	0.9											
		Sm	8	19	16.7	0.40	0.04	0.01					2.0			
RAKU	344	eP	8	18	25.1						9.1	167				2.8
		iS	8	19	2.8											
STNU	393	eP	8	18	32.1						9.1	165				2.8
		iS	8	19	14.1											
NSLU	393	iP	8	18	31.5						9.0	161				2.8
		Pm	8	18	48.8	0.70			0.02	8.5						
		iS	8	19	14.0											
		Sm	8	19	51.4	0.80	0.02	0.02					1.9			
HORU	404	eP	8	18	33.4						9.0	154				2.8
		iS	8	19	17.1											
SUDU	634	eP	8	18	57.7						10.3	213				3.5
		Pm	8	18	58.1	0.42			0.01	10.2						

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		S	8	20	0.8											
		Sm	8	20	6.7	0.48	0.01	0.03					3.2			
N 18. 16 мая. Закарпатье, р-н с.Нижнее Селище.																
0=8ч 56мин 53.2с; φ=48.13°N; λ=23.47°E; h=5.2 км;																
MD=1.8(6); Kp=7.4(4); KD=7.2(6); ML=1.9(5); MSH=1.5(4);																
NSLU	7.8	iPg	8	56	54.7						7.1	61				1.7
		Pm	8	56	55.7	0.70			0.13	6.5						
		iSg	8	56	56.6											
		Sm	8	56	59.0	1.10	1.20	0.90					1.4			
		m	8	56	59.6	1.15			0.50					1.5		
KORU	25	iPg	8	56	57.6						7.2	71				1.8
		iSg	8	57	2.0											
		m	8	57	17.0	1.00			1.30					2.4		
TRSU	38	ePg	8	56	59.9						7.4	77				1.9
		Pm	8	57	2.4	0.90			0.05	7.5						
		iSg	8	57	5.1											
		Sm	8	57	17.1	1.00	0.10	0.23					1.5			
		m	8	57	28.6	0.80			0.20					1.8		
BRIU	40	ePg	8	57	1.5						7.2	71				1.8
		Pm	8	57	3.1	1.40			0.06	7.6						
		iSg	8	57	6.4											
		m	8	57	24.6	1.00			0.20					1.8		
		Sm	8	57	30.0	1.10	0.27	0.15					1.6			
MEZ	43	ePg	8	57	1.5						7.2	69				1.8
		iSg	8	57	6.4											
RAKU	53	ePg	8	57	3.5						7.2	69				1.8
		Pm	8	57	4.5	1.60			0.10	7.8						
		iSg	8	57	10.5											
		Sm	8	57	23.8	1.50	0.15	0.20					1.7			
		m	8	57	28.4	0.70			0.10					1.7		
N 19. 31 мая. Черновицкая обл., р-н г.Новоднестровск.																
0=13ч 0мин 44.8с; φ=48.58°N; λ=27.35°E; h=2.5 км; MD=1.6(2); KD=7.0(2); ML=1.8(1);																
NDNU	1.8	ePg	13	0	45.0						6.4	45				1.3
		m	13	0	45.6	0.10			3.08					1.8		
		eSg	13	0	45.6											
KMPU	66	ePg	13	0	56.0						7.5	78				2.0
		eSg	13	1	3.8											
HORU	98	eSg	13	1	12.6											
KSV	171	eSn	13	1	32.0											

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N 20. 13 июня. Закарпатье, р-н с.Нижнее Селище.																
0=8ч 51мин 58с; φ=48.29°N; λ=23.46°E; h=0.8 км;																
MD=2.0(3); Kp=7.5(1); KD=7.5(3); ML=1.9(3); MSH=2.0(1);																
NSLU	11	-iPg	8	51	59.9						6.9	59				1.6
		Pm	8	52	0.2	0.40			0.25	7.5						
		eSg	8	52	1.8											
		Sm	8	52	2.8	0.35	3.90	0.85					2.0			
		m	8	52	4.7	0.50			0.93					1.8		
KORU	29	ePg	8	52	3.8						7.6	82				2.0
		eSg	8	52	7.8											
		m	8	52	28.3	1.00			0.96					2.3		
BRIU	33	ePg	8	52	4.8						8.1	103				2.3
		eSg	8	52	8.9											
		m	8	52	39.3	1.40			0.18					1.7		
TRSU	43	eSg	8	52	12.4											
MUKU	60	eSg	8	52	18.0											
RAKU	60	eSg	8	52	18.3											
N 21. 16 июня. Карпаты, р-н Вранча.																
0=21ч 40мин 37с; φ=45.72°N; λ=26.67°E; h=120 км; MD=3.3(5); Kp=9.7(3); KD=10.0(5); MSH=2.8(3);																
GIUM	123	P	21	41	0.7											
		S	21	41	17.8											
LEOM	148	P	21	41	2.8											
		S	21	41	21.4											
MILM	212	P	21	41	9.2											
KIS	218	P	21	41	10.0											
SORM	297	P	21	41	18.3											
KMPU	316	ePn	21	41	22.5						10.0	254				3.3
		iSn	21	41	53.7											
NDNU	324	ePn	21	41	20.8						9.8	232				3.2
		Pm	21	41	21.0	0.20			0.19	10.0						
		eSn	21	41	52.9											
		Sm	21	41	54.1	0.30	0.00	0.03					2.6			
HORU	389	iPn	21	41	31.5						9.9	244				3.3
		iSn	21	42	10.0											
SEV	566	P	21	41	50.2						9.8	110				3.2
		Pm	21	41	51.5	0.28			0.00	9.3						
		S	21	42	47.4											
		Sm	21	42	49.3	0.36	0.01	0.00					2.8			
SUDU	658	P	21	42	1.5						10.3	160				3.5

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	21	42	4.3	0.22			0.00	9.9						
		S	21	43	7.2											
		Sm	21	43	8.8	0.45	0.02	0.01					3.0			

N 22. 19 июня. Карпаты, р-н Вранча.

0=23ч 5мин 1.5с; φ=45.51°N; λ=26.4°E; h=124 км; MD=3.1(5); Kp=9.0(2); KD=9.5(5); MSH=2.6(3);

GIUM	141	P	23	5	27.2											
		S	23	5	46.2											
LEOM	179	P	23	5	30.4											
		S	23	5	51.0											
MILM	243	P	23	5	37.1											
KIS	249	P	23	5	37.9											
RAKU	328	ePn	23	5	47.5						9.5	204				3.1
SORM	328	P	23	5	46.2											
KSV	328	ePn	23	5	47.3						9.4	189				3.0
NDNU	351	ePn	23	5	47.9						9.3	187				3.0
		Pm	23	5	48.1	0.10			0.06	9.4						
		eSn	23	6	23.0											
		Sm	23	6	23.8	0.20		0.01					2.2			
HORU	412	ePn	23	5	58.3						9.5	202				3.1
		eSn	23	6	39.6											
SEV	582	P	23	6	16.3						9.9	130				3.3
		Pm	23	6	17.7	0.30			0.00	8.6						
		S	23	7	15.2											
		Sm	23	7	19.8	0.24	0.00	0.00					2.4			
YAL	620	P	23	6	21.8											
		Pm	23	6	22.9	0.21			0.00							
SUDU	677	Sm	23	6	8.8	0.45	0.02	0.01					3.0			

N 23. 27 июня. Закарпатье, р-н с.Широкое.

0=8ч 28мин 48.5с; φ=48.41°N; λ=23.49°E; h=2 км; MD=2.1(2); KD=7.8(2); ML=2.2(2);

BRIU	36	ePg	8	28	55.1						7.8	90				2.1
		m	8	29	29.9	1.00			0.22					1.8		
KORU	39	ePg	8	28	56.2						7.9	92				2.1
		eSg	8	29	1.3											
		m	8	29	23.2	1.00			1.55					2.7		
TRSU	53	eSg	8	29	6.0											
RAKU	66	eSg	8	29	10.2											

N 24. 1 июля. Закарпатье, р-н с.Новоселица.

0=21ч 49мин 28.7с; φ=48.19°N; λ=23.76°E; h=3.5 км;

MD=0.8(3); Kp=5.9(3); KD=5.4(3); ML=0.8(3); MSH=0.7(3);

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NSLU	23	iPg	21	49	32.5						5.4	29				0.8
		Pm	21	49	34.2	1.00			0.01	5.0						
		iSg	21	49	36.4											
		m	21	49	37.5	0.15			0.05					0.9		
		Sm	21	49	38.7	0.80	0.08	0.02					0.7			
RAKU	35	iSg	21	49	40.5											
MEZ	40	iPg	21	49	36.7						5.4	28				0.8
		Pm	21	49	38.0	1.40			0.01	6.2						
		iSg	21	49	41.5											
		m	21	49	42.5	0.10			0.02					0.8		
		Sm	21	49	44.7	0.65	0.04	0.01					0.7			
KORU	47	eSg	21	49	44.3											
BRIU	57	ePg	21	49	39.9						5.4	28				0.8
		Pm	21	49	41.1	1.50			0.02	6.4						
		iSg	21	49	48.0											
		Sm	21	49	51.4	0.80	0.02	0.01					0.7			
		m	21	49	53.5	0.30			0.01					0.7		

N 25. 16 июля. Словакия.

0=1ч 54мин 35.4с; φ=48.66°N; λ=22.03°E; h=5 км; MD=1.7(5); KD=7.0(5); ML=1.5(4);

UZH	19	ePg	1	54	39.2						7.0	60				1.6
		eSg	1	54	42.0											
MUKU	53	ePg	1	54	45.4						7.5	79				2.0
		m	1	54	47.1	0.80			0.06					1.4		
BERU	66	ePg	1	54	47.5						6.7	53				1.5
		m	1	54	49.4	0.90			0.06					1.5		
KORU	99	ePg	1	54	53.1						6.6	51				1.5
		m	1	54	54.7	0.80			0.03					1.5		
NSLU	117	ePg	1	54	56.1						7.1	63				1.7
		m	1	54	57.5	1.00			0.02					1.4		

N 26. 20 июля. Черновицькая обл, р-н г.Новоднестровск.

0=4ч 30мин 28.3с; φ=48.57°N; λ=27.15°E; h=2 км;

MD=1.9(3); Kp=7.6(1); KD=7.4(3); ML=2.0(1); MSH=2.1(1);

KMPU	51	ePg	4	30	36.1						7.5	78				1.9
		eSg	4	30	42.8											
HORU	89	eSg	4	30	53.7											
KSV	157	ePn	4	30	54.0						7.2	68				1.8
		Pm	4	30	57.3	0.30			0.01	7.6						
		eSn	4	31	11.8											
		m	4	31	16.8	0.20			0.05					2.0		

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	4	31	17.1	0.30	0.07	0.14					2.1			
STNU	195	ePn	4	30	58.9						7.5	78				2.0
		eSn	4	31	22.1											

N 27. 31 июля. Хмельницкая обл., р-н с.Березовка.

0=23ч 47мин 2.7с; φ=48.64°N; λ=27.19°E; h=2 км; MD=1.4(2); KD=6.5(2);

KMPU	55	ePg	23	47	11.4						6.6	51				1.5
		eSg	23	47	18.1											
HORU	85	ePg	23	47	17.0						6.4	46				1.4
		eSg	23	47	26.8											
KSV	161	eSn	23	47	48.1											
STNU	198	eSn	23	47	58.1											

N 28. 8 августа. Карпаты, р-н Вранча.

0=19ч 46мин 22.7с; φ=45.54°N; λ=26.45°E; h=129.7 км;

MD=3.3(9); Kp=9.0(6); KD=9.8(9); MSH=2.9(4); MPV=3.3(2);

MILM	238	+iP	19	46	58.6						10.5	130				3.6
		Pm	19	46	59.0	0.07			0.03	8.7					3.1	
		eS	19	47	24.0											
		Sm	19	47	24.1	0.14		0.10								
		m	19	47	25.5	0.17	0.09	0.10								
KIS	244	-iP	19	46	59.6						9.0	79				2.8
		Pm	19	46	59.7	0.14			0.11	9.2					3.4	
		iS	19	47	25.7											
		Sm	19	47	25.8	0.20		0.13								
		m	19	47	26.3	0.19	0.13	0.10								
KSV	326	-iP	19	47	9.8						10.0	252				3.3
		Pm	19	47	11.3	0.20			0.02	8.7						
		iS	19	47	45.6											
		Sm	19	48	6.8	0.55	0.06	0.02					2.9			
RAKU	327	-iP	19	47	9.6						9.7	226				3.2
		Pm	19	47	10.1	0.80			0.03	8.6						
		eS	19	47	45.4											
		Sm	19	48	36.3	1.85	0.04	0.03					2.8			
KMPU	336	iP	19	47	9.9						10.0	259				3.3
		+iS	19	47	45.3											
NSLU	373	-iP	19	47	15.3						9.9	242				3.3
		Pm	19	47	15.8	0.40			0.04	9.0						
		eS	19	47	55.1											
		Sm	19	48	10.3	0.15	0.04	0.02					2.9			
MEZ	399	iP	19	47	18.0											

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
HORU	409	iP	19	47	19.7						10.0	255				3.3
		iS	19	48	2.6											
MUKU	432	-iP	19	47	22.5						9.8	234				3.2
SEV	579	eP	19	47	37.6						9.8	114				3.2
		Pm	19	47	39.2	0.39			0.01	9.6						
		eS	19	48	36.0											
		Sm	19	48	38.0	0.44	0.00	0.01					3.1			
YAL	616	eP	19	47	43.2											
		Pm	19	47	43.5	0.36			0.00							

N 29. 22 августа. Карпаты, р-н Вранча.

0=14ч 52мин 44.8с; φ=45.77°N; λ=26.72°E; h=132.1 км;

MD=3.5(17); Kp=9.7(12); KD=10.4(17); MSH=3.3(12);

GIUM	120	P	14	53	9.3											
MILM	205	P	14	53	17.8											
KIS	211	P	14	53	18.2											
CHRU	288	iP	14	53	27.3						10.4	303				3.5
		Pm	14	53	27.8	0.20			0.16	10.2						
		iS	14	53	59.0											
		Sm	14	54	0.7	0.45	0.48	0.36					3.8			
KSV	310	iP	14	53	29.5						10.5	326				3.6
		Pm	14	53	30.6	0.40			0.04	9.6						
		iS	14	54	3.6											
		Sm	14	54	5.3	0.30	0.22	0.13					3.5			
KMPU	312	+iP	14	53	29.5						10.7	360				3.7
		iS	14	54	2.3											
RAKU	318	eP	14	53	30.6						10.5	325				3.6
		Pm	14	53	31.8	0.30			0.04	9.1						
		-iS	14	54	5.2											
		Sm	14	54	11.6	0.90	0.10	0.03					3.1			
NDNU	318	+iP	14	53	30.4											
		Pm	14	53	30.5	0.10			0.50	10.3						
		iS	14	54	3.4											
		Sm	14	54	6.4	0.30	0.12	0.05					3.2			
NSLU	367	iP	14	53	36.8						10.4	305				3.5
		Pm	14	53	38.5	1.00			0.03	9.0						
		iS	14	54	16.0											
		Sm	14	54	18.9	1.00	0.04	0.04					3.0			
HORU	384	iP	14	53	38.3						10.7	361				3.7
		iS	14	54	19.6											

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
TRSU	386	iP	14	53	39.6						10.4	307				3.5
		Pm	14	53	40.6	0.70			0.02	8.9						
		iS	14	54	19.4											
		Sm	14	54	46.5	1.00	0.05	0.03					3.0			
MEZ	390	iP	14	53	39.8						10.3	290				3.5
BRIU	401	+iP	14	53	40.6						10.4	303				3.5
		Pm	14	53	41.3	0.90			0.12	9.7						
		iS	14	54	23.2											
		Sm	14	54	26.6	0.10	0.07	0.06					3.2			
BERU	413	-iP	14	53	41.7						10.2	278				3.4
		Pm	14	53	42.7	1.00			0.10	9.6						
		iS	14	54	26.0											
		Sm	14	54	43.8	2.20	0.04	0.04					3.0			
MUKU	427	iP	14	53	43.9						10.5	319				3.6
		eS	14	54	29.3											
MORS	431	eP	14	53	44.7						10.4	306				3.5
		iS	14	54	30.3											
SHIU	460	iP	14	53	48.0						10.4	303				3.5
		iS	14	54	36.2											
LVV	493	eP	14	53	52.2						10.5	325				3.6
		Pm	14	53	53.9	1.30			0.01	9.2						
		iS	14	54	43.7											
		Sm	14	55	1.9	0.75	0.05	0.05					3.2			
SEV	562	eP	14	53	58.2						10.5	180				3.6
		Pm	14	53	59.1	0.34			0.03	10.5						
		eS	14	54	55.7											
		Sm	14	54	59.4	0.38	0.01	0.04					3.5			
YAL	600	eP	14	54	3.8						9.4	93				3.0
		Pm	14	54	4.9	0.35			0.01	9.3						
		eS	14	55	3.4											
		Sm	14	55	4.5	0.37	0.01	0.01					3.1			
ALU	613	eP	14	54	4.5											
		Pm	14	54	5.5	0.41			0.01							
SUDU	654	eP	14	54	9.6						10.5	175				3.6
		Pm	14	54	10.0	0.39			0.02	11.0						
		iS	14	55	14.6											
		Sm	14	55	17.8	0.48	0.03	0.06					3.7			

N 30. 27 августа. Закарпатье, р-н с.Долгое.

0=1ч 3мин 33.8с; φ=48.44°N; λ=23.34°E; h=2 км;

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MD=1.0(3); Kp=6.2(2); KD=5.8(3); ML=0.7(3); MSH=0.8(2);																
MEZ	15	ePg	1	3	36.9						5.7	33				1.0
		iSg	1	3	39.2											
		m	1	3	39.6	0.10			0.05					0.7		
BRIU	26	ePg	1	3	38.5						5.8	34				1.0
		Pm	1	3	40.0	0.10			0.01	5.9						
		iSg	1	3	42.8											
		Sm	1	3	43.3	0.10	0.07	0.02					0.8			
		m	1	3	47.1	0.40			0.03					0.7		
NSLU	28	-iPg	1	3	39.1						6.0	38				1.1
		Pm	1	3	40.9	0.10			0.09	6.6						
		iSg	1	3	43.2											
		Sm	1	3	45.7	0.15	0.08	0.04					0.9			
		m	1	3	47.0	0.20			0.01					0.5		
N 31. 1 сентября. Львовская обл., г.Борислав.																
0=15ч 15мин 47.8с; φ=49.34°N; λ=23.38°E; h=1.1 км; MD=0.9(2); KD=5.5(2);																
SHIU	13	ePg	15	15	50.5						5.4	29				0.8
		eSg	15	15	52.3											
MORS	44	ePg	15	15	55.8						5.6	32				0.9
		eSg	15	16	2.7											
STZU	66	eSg	15	16	9.7											
N 32. 5 сентября. Словакия.																
0=1ч 25мин 34.1с; φ=48.5°N; λ=22.14°E; h=4 км;																
MD=1.6(9); Kp=7.3(6); KD=6.8(9); ML=1.6(7); MSH=1.4(6);																
UZH	18	iPg	1	25	36.7						6.8	55				1.6
		iSg	1	25	39.8											
HOLU	18	iPg	1	25	38.6						6.8	54				1.5
		iSg	1	25	41.1											
MUKU	41	iPg	1	25	42.3						6.8	55				1.6
		Pm	1	25	42.8	0.30			0.02	6.9						
		iSg	1	25	46.8											
		Sm	1	25	47.4	0.40	0.09	0.06					1.2			
		m	1	25	48.5	0.30			0.06					1.3		
BERU	48	iPg	1	25	43.7						6.8	55				1.5
		Pm	1	25	45.3	0.20			0.03	7.0						
		iSg	1	25	48.8											
		Sm	1	25	49.2	0.20	0.05	0.03					1.0			
		m	1	25	49.5	0.20			0.07					1.5		

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
STZU	67	iPg	1	25	49.6						6.8	55				1.6
		Pm	1	25	51.7	0.80			0.02	7.4						
		iSg	1	25	58.6											
		m	1	26	0.2	0.60			0.10					1.8		
		Sm	1	26	1.0	0.80	0.07	0.04					1.3			
BRIU	68	iPg	1	25	46.8						6.9	59				1.6
		Pm	1	25	51.8	0.30			0.03	7.6						
		eSg	1	25	55.5											
		m	1	25	57.5	0.30			0.06					1.6		
		Sm	1	25	60.0	0.20	0.10	0.16					1.7			
TRSU	76	iPg	1	25	48.8						6.8	55				1.5
		Pm	1	25	50.2	1.40			0.06	7.6						
		iSg	1	25	57.4											
		m	1	26	1.3	0.12			0.04					1.5		
		Sm	1	26	3.0	1.20	0.06	0.06					1.4			
KORU	83	iSg	1	25	60.0											
MEZ	101	iPg	1	25	53.4						6.8	54				1.5
		m	1	25	56.3	0.16			0.03					1.5		
NSLU	103	iPg	1	25	52.7						6.9	58				1.6
		Pm	1	25	56.4	1.00			0.01	7.6						
		iSg	1	26	6.1											
		Sm	1	26	7.7	0.65	0.05	0.00					1.4			
		m	1	26	10.2	0.30			0.07					1.9		
STNU	175	ePn	1	26	5.5											

N 33. 7 сентября. Карпаты, р-н Вранча.

0=11ч 43мин 9.7с; φ=45.8°N; λ=27.06°E; h=33 км;

MD=3.2(6); Kp=9.5(4); KD=9.7(6); MSH=2.6(4);

LEOM	119	S	11	43	41.6											
KMPU	311	ePn	11	43	53.2						9.7	230				3.1
		eSn	11	44	26.3											
NDNU	312	ePn	11	43	53.4						9.7	236				3.2
		Pm	11	44	14.5	0.20			0.07	9.4						
		eSn	11	44	26.5											
		Sm	11	44	46.0	0.20	0.04						1.9			
KSV	318	ePn	11	43	54.3						9.8	239				3.2
		Pm	11	44	11.2	0.10			0.04	9.5						
		eSn	11	44	28.1											
		Sm	11	44	50.7	0.20	0.07	0.01					2.2			
HORU	383	ePn	11	44	2.5						9.9	256				3.3

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		eSn	11	44	42.8											
SEV	538	P	11	44	31.8						9.4	100				3.0
		Pm	11	44	33.0	0.42			0.01	9.4						
		S	11	45	25.3											
		Sm	11	45	25.4	0.32	0.00	0.01					3.0			
SUDU	629	P	11	44	43.2						9.8	108				3.2
		Pm	11	44	43.3	0.30			0.01	9.9						
		S	11	45	46.5											
		Sm	11	45	46.8	0.53	0.01	0.01					2.9			
			N 34. 8 сентября. Румыния, р-н Вранча.													
			0=10ч 56мин 39.9с; φ=45.83°N; λ=27.01°E; h=27.1 км;													
			MD=3.1(12); Kp=9.7(6); KD=9.7(12); MSH=2.7(6);													
LEOM	120	P	10	56	59.4											
MILM	184	P	10	57	6.9											
		S	10	57	28.5											
KIS	190	P	10	57	8.3											
CHRU	287	eP	10	57	21.3						9.6	211				3.1
		Pm	10	57	24.4	0.20			0.09	10.5						
		iS	10	57	51.8											
		Sm	10	58	2.3	0.65	0.91	0.50					3.3			
KMPU	307	eP	10	57	23.6						9.7	219				3.1
		iS	10	57	57.1											
NDNU	309	eP	10	57	23.6						9.7	220				3.2
		Pm	10	57	34.0	0.30			0.13	9.5						
		iS	10	57	57.4											
		Sm	10	58	11.7	0.25	0.11	0.05					2.4			
KSV	313	+iP	10	57	24.1						9.7	219				3.1
		Pm	10	57	29.2	0.30			0.05	9.9						
		iS	10	57	58.8											
		Sm	10	58	11.2	0.30	0.34	0.07					2.8			
RAKU	326	P	10	57	26.9						9.7	222				3.2
		Pm	10	57	40.5	0.40			0.10	9.3						
		iS	10	58	1.8											
		Sm	10	58	4.7	0.30	0.07	0.03					2.2			
NSLU	377	eP	10	57	32.4						9.5	206				3.1
		Pm	10	58	6.9	1.00			0.04	9.3						
		iS	10	58	12.6											
		Sm	10	58	50.5	1.05	0.09	0.02					2.3			
HORU	379	eP	10	57	33.4						9.7	217				3.1

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		iS	10	58	13.8											
BRIU	411	iP	10	57	37.3						9.8	237				3.2
		Pm	10	57	54.7	1.30			0.07	9.5						
		iS	10	58	20.6											
		Sm	10	59	12.5	1.35	0.07	0.01					2.3			
MORS	436	eP	10	57	40.3						9.5	204				3.1
		iS	10	58	26.1											

N 35. 18 сентября. Карпаты, р-н Врачна.

0=9ч 32мин 37.4с; φ=45.83°N; λ=26.97°E; h=64 км;

MD=3.3(7); Kp=9.7(5); KD=9.8(7); MSH=3.2(5);

LEOM	121	P	9	32	56.2											
		S	9	33	11.7											
MILM	186	P	9	33	4.9											
		S	9	33	24.8											
KMPU	307	ePn	9	33	21.0						9.9	239				3.3
NDNU	309	ePn	9	33	21.0						9.7	221				3.2
		Pm	9	33	22.1	0.10			0.03	8.8						
		eSg	9	33	53.5											
		Sm	9	34	0.0	0.10	0.01	0.01					2.2			
KSV	312	ePn	9	33	21.0						9.8	235				3.2
		Pm	9	33	22.0	0.10			0.01	9.5						
		eSn	9	33	54.8											
		Sm	9	33	57.8	0.20	0.00	0.09					3.0			
STNU	371	ePn	9	33	29.3						9.9	240				3.3
HORU	379	ePn	9	33	30.2						9.7	168				3.2
		Pm	9	33	42.1	0.10			0.00	10.2						
		eSn	9	34	5.8											
		Sm	9	34	8.4	0.20	0.01	0.18					3.5			
SEV	545	P	9	33	47.2						9.9	120				3.3
		Pm	9	33	47.6	0.27			0.01	9.7						
		S	9	34	38.8											
		Sm	9	34	42.8	0.30	0.02	0.01					3.2			
SUDU	635	P	9	33	59.8						9.9	120				3.3
		Pm	9	34	0.1	0.39			0.01	10.5						
		S	9	35	0.3											
		Sm	9	35	5.0	0.47	0.04	0.03					3.4			

N 36. 19 сентября. Карпаты, р-н Врачна.

0=2ч 43мин 49.7с; φ=45.78°N; λ=26.64°E; h=139.9 км;

MD=3.0(3); Kp=8.6(1); KD=9.4(3); MSH=2.8(1);

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
LEOM	146	P	2	44	17.0											
MILM	209	P	2	44	23.3											
KIS	215	P	2	44	23.9											
		S	2	44	48.2											
SORM	292	P	2	44	32.3											
KMPU	310	+iP	2	44	34.5						9.3	186				3.0
		+iS	2	45	7.2											
NDNU	318	+iP	2	44	35.5						9.4	196				3.0
		Pm	2	44	36.0	0.20			0.03	8.6						
		iS	2	45	9.8											
		Sm	2	45	12.9	0.60	0.04	0.03					2.8			
HORU	382	+iP	2	44	43.1						9.3	187				3.0
		iS	2	45	24.2											
						N 37. 22 сентября. Карпаты, р-н Вранча.										
						0=2ч 4мин 58.1с; φ=45.64°N; λ=26.47°E; h=137.2 км;										
						MD=3.7(17); Kp=10.4(3); KD=10.7(17); MSH=3.9(3);										
KIS	235	P	2	5	34.8											
CHRU	299	eP	2	5	42.5						10.6	341				3.7
		Pm	2	5	43.2	0.90			0.20	10.5						
		eS	2	6	14.3											
		Sm	2	6	17.0	0.80	0.04	0.80					4.0			
SORM	312	P	2	5	42.6											
KSV	316	-iP	2	5	44.8						10.9	388				3.8
RAKU	318	-iP	2	5	44.6						10.7	365				3.7
NDNU	336	-iP	2	5	45.9						10.8	372				3.8
		Pm	2	5	46.1	0.30			0.30	10.3						
		eS	2	6	19.7											
		Sm	2	6	21.1	0.60	0.01	0.40					3.7			
NSLU	366	eP	2	5	50.2						10.5	331				3.6
STNU	373	+iP	2	5	51.5											
KORU	378	eP	2	5	51.3						10.8	382				3.8
TRSU	382	eP	2	5	50.4						10.6	334				3.6
MEZ	391	+iP	2	5	53.3						10.6	335				3.6
HORU	398	+iP	2	5	53.4						10.9	387				3.8
		Pm	2	5	54.1	0.60			0.04	10.5						
		eS	2	6	33.6											
		Sm	2	6	35.1	0.90	0.01	0.50					3.9			
BRIU	399	-iP	2	5	53.5						10.5	324				3.6
BERU	410	iP	2	5	54.9						10.7	355				3.7

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
MUKU	425	eP	2	5	56.5						10.5	332				3.6
MORS	435	-iP	2	5	58.0						10.8	374				3.8
HOLU	446	+iP	2	5	58.4						10.6	339				3.7
UZH	459	eP	2	6	0.8						10.7	364				3.7
SHIU	463	eP	2	6	2.7						10.8	369				3.8
N 38. 27 сентября. Львовская обл., р-н г.Стебник.																
0=16ч 2мин 49.2с; φ=49.32°N; λ=23.59°E; h=1.7 км;																
MD=1.7(5); Kp=7.3(3); KD=7.0(5); ML=1.4(3); MSH=1.2(3);																
SHIU	20	ePg	16	2	53.2						5.9	36				1.1
		Pm	16	2	54.7	0.30			0.02	6.5						
		eSg	16	2	55.9											
		m	16	3	2.5	0.80			0.10					1.1		
		Sm	16	3	2.6	1.00	0.06	0.28					1.2			
MORS	30	ePg	16	2	54.8						6.6	51				1.4
		eSg	16	2	59.4											
HOLU	124	ePg	16	3	12.7						6.8	56				1.6
NSLU	125	ePg	16	3	11.8						7.3	72				1.9
		Pm	16	3	12.5	1.00			0.01	7.3						
		eSg	16	3	30.8											
		Sm	16	3	33.7	1.00	0.01	0.02					1.1			
		m	16	3	41.9	0.90			0.01					1.0		
KORU	133	ePg	16	3	14.5						8.5	124				2.5
		Pm	16	3	15.2	1.00			0.03	8.0						
		m	16	3	23.7	0.80			0.08					2.1		
		eSg	16	3	32.2											
		Sm	16	3	33.5	0.80	0.04	0.02					1.4			
N 39. 29 сентября. Закарпатье, р-н с.Нижнее Селище.																
0=0ч 56мин 52.9с; φ=48.21°N; λ=23.31°E; h=2 км;																
MD=1.1(3); Kp=6.1(1); KD=6.1(3); ML=1.2(2); MSH=1.1(1);																
NSLU	11	ePg	0	56	54.9						5.8	34				1.0
		Pm	0	56	55.0	0.10			0.14	6.1						
		+iSg	0	56	57.0											
		Sm	0	56	57.7	0.15	0.51	0.12					1.1			
		m	0	56	57.7	0.10			0.24					1.2		
KORU	14	iPg	0	56	55.4						6.1	40				1.2
		-iSg	0	56	58.2											
		m	0	57	2.4	0.45			0.13					1.1		
BRIU	26	ePg	0	56	58.3						6.3	43				1.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		iSg	0	57	1.7											
N 40. 7 октября. Львовская обл., р-н г.Стебник.																
0=1ч 26мин 49с; φ=49.31°N; λ=23.51°E; h=2 км; MD=0.9(1); KD=5.6(1);																
PNT3	1.9	ePg	1	26	49.7						5.6	31				0.9
		eSg	1	26	50.2											
SHIU	15	eSg	1	26	54.1											
MORS	34	eSg	1	27	0.1											
N 41. 22 октября. Львовская обл., р-н г.Стебник.																
0=21ч 21мин 5.9с; φ=49.31°N; λ=23.54°E; h=2 км; MD=0.7(1); KD=5.3(1);																
PNT3	2.2	ePg	21	21	6.6						5.3	27				0.7
		eSg	21	21	7.2											
SHIU	16	eSg	21	21	11.9											
MORS	33	eSg	21	21	17.1											
N 42. 28 октября. Карпаты, р-н Вранча.																
0=0ч 38мин 10.4с; φ=45.65°N; λ=26.43°E; h=157.5 км;																
MD=4.9(25); Kp=13.6(16); KD=12.9(25); MSH=5.3(16);																
LEOM	168	P	0	38	41.5											
		S	0	39	3.8											
MILM	231	P	0	38	47.7											
KIS	237	P	0	38	48.4											
		S	0	39	15.7											
CHRU	297	+iP	0	38	54.6						13.2	**1177**				5.1
		Pm	0	38	56.6	0.80			3.85	13.4						
		+iS	0	39	28.8											
		Sm	0	39	29.2	0.90	31.78	16.71					5.6			
KSV	314	+iP	0	38	56.7						13.2	**1176**				5.1
		Pm	0	39	9.8	1.00			3.90	13.1						
		eS	0	39	32.0											
		Sm	0	39	35.0	1.45	17.11	8.16					5.3			
RAKU	316	+iP	0	38	56.5						13.2	**1173**				5.1
		Pm	0	39	14.3	0.90			8.33	13.1						
		iS	0	39	32.4											
		Sm	0	39	44.7	1.30	12.67	10.98					5.3			
KMPU	324	iP	0	38	57.8						13.2	**1180**				5.1
		iS	0	39	33.8											
NDNU	335	iP	0	38	59.1						13.2	**1177**				5.1
		Pm	0	38	59.5	0.20			17.67	13.6						
		iS	0	39	35.0											
		Sm	0	39	36.9	1.30	12.64	3.65					5.2			

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
NSLU	363	+iP	0	39	2.1						13.2	**1170**				5.1
		Pm	0	39	3.7	0.70			9.88	13.5						
		iS	0	39	42.1											
		Sm	0	39	47.2	1.35	15.64	13.40					5.5			
STNU	371	iP	0	39	2.6						13.2	**1165**				5.1
		iS	0	39	43.8											
KORU	375	+iP	0	39	3.3						13.2	**1183**				5.1
		Pm	0	39	5.4	0.90			32.12	14.0						
		+eS	0	39	44.6											
		Sm	0	39	49.4	1.40	14.09	2.69					5.3			
TRSU	379	+iP	0	39	3.7						13.2	**1172**				5.1
		Pm	0	39	5.1	0.70			11.59	13.6						
		eS	0	39	46.1											
		Sm	0	39	59.5	2.10	18.38	14.60					5.6			
MEZ	388	+iP	0	39	5.2						13.2	**1170**				5.1
		eS	0	39	47.1											
BRIU	396	-iP	0	39	6.1						13.2	**1166**				5.1
		eS	0	39	48.8											
HORU	397	+iP	0	39	6.4						13.2	**1163**				5.1
		iS	0	39	49.0											
BERU	407	+iP	0	39	7.4						13.2	**1162**				5.1
		Pm	0	39	8.6	1.00			23.99	13.7						
		iS	0	39	51.1											
		Sm	0	40	35.3	1.45	3.78	0.86					4.8			
MUKU	422	-iP	0	39	9.0						13.2	**1166**				5.1
		eS	0	39	54.0											
MORS	432	-iP	0	39	9.8						13.2	**1178**				5.1
		iS	0	39	55.7											
HOLU	443	-iP	0	39	11.5						13.2	**1165**				5.1
UZH	456	-iP	0	39	13.0						13.2	**1166**				5.1
		Pm	0	39	14.6	1.20			1.67	12.7						
		iS	0	40	1.0											
		Sm	0	40	15.7	1.90	4.48	3.52					5.1			
SHIU	460	iP	0	39	12.9						13.2	**1170**				5.1
		Pm	0	39	16.2	1.10			2.73	13.2						
		eS	0	40	1.7											
		Sm	0	40	27.0	1.95	10.22	1.45					5.3			
STZU	472	iP	0	39	14.7						13.1	**1156**				5.1
		Pm	0	39	19.9	1.10			10.65	13.5						

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		iS	0	40	4.9											
		Sm	0	40	13.1	1.40	14.29	6.33					5.5			
LVV	497	iP	0	39	18.1						13.1	**1158**				5.1
		Pm	0	39	20.2	1.10			2.88	13.4						
		eS	0	40	9.9											
		Sm	0	40	45.6	1.40	10.95	3.46					5.4			
SEV	582	iP	0	39	27.1						12.1	526				4.5
		Pm	0	39	28.3	0.41			1.70	13.8						
		iS	0	40	26.0											
		Sm	0	40	30.5	0.59	2.30	0.44					5.1			
SIM	606	+iP	0	39	30.5						11.9	491				4.4
		Pm	0	39	35.3	0.43			2.90	14.3						
		eS	0	40	31.1											
		Sm	0	40	40.6	0.75	3.70	2.40					5.2			
ALU	634	+iP	0	39	33.7						12.1	520				4.5
		Pm	0	39	34.7	0.42			0.65	14.0						
		eS	0	40	37.7											
		Sm	0	40	40.8	0.56	0.53	3.20					5.3			
SUDU	676	+iP	0	39	38.2						11.9	465				4.4
		Pm	0	39	39.3	0.45			1.50							
		eS	0	40	45.1											
FEO	701	+iP	0	39	42.1						11.4	321				4.1
		Pm	0	39	43.6	0.45			1.20	14.1						
		eS	0	40	54.3											
		Sm	0	41	0.9	1.00	0.47	0.58					5.1			
							N 43. 1 ноября. Румыния, р-н Бакэу.									
							0=2ч 33мин 37с; φ=46.74°N; λ=27.58°E; h=2 км;									
							MD=2.2(3); Kp=8.7(2); KD=8.0(3); MSH=2.4(2);									
LEOM	59	P	2	33	48.2											
		S	2	33	55.4											
MILM	96	P	2	33	54.6											
		S	2	34	6.0											
KIS	99	P	2	33	54.9											
		S	2	34	7.3											
NDNU	207	ePg	2	34	11.9						8.3	114				2.4
		Pm	2	34	16.3	0.20			0.03	8.8						
		eSg	2	34	35.0											
		Sm	2	34	36.1	0.30	0.40	0.30					2.7			
CHRU	214	eSg	2	34	36.9											

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
KSV	258	ePg	2	34	18.1						7.8	89				2.1
		Pm	2	34	23.1	0.40			0.02	8.5						
		eSg	2	34	47.9											
		Sm	2	35	0.2	0.70	0.07	0.05					2.1			
HORU	289	eSg	2	34	54.5											
STNU	318	ePg	2	34	27.0						7.8	88				2.1

N 44. 8 ноября. Карпаты, р-н Вранча.

0=3ч 47мин 48.8с; φ=45.73°N; λ=26.6°E; h=74 км;

MD=3.4(15); Kp=10.4(6); KD=10.1(15); MSH=3.2(6);

GIUM	128	P	3	48	9.6											
		S	3	48	25.4											
MILM	216	P	3	48	19.9											
		S	3	48	41.9											
KSV	310	ePn	3	48	31.1						10.7	358				3.7
		Pm	3	48	43.2	0.20			0.02	10.0						
		eSn	3	49	3.8											
		Sm	3	49	4.6	0.15	0.04	0.20					3.4			
RAKU	316	ePn	3	48	32.4						9.9	242				3.3
KMPU	316	ePn	3	48	33.1						10.3	308				3.5
		eSn	3	49	6.6											
NDNU	324	ePn	3	48	32.9						10.0	250				3.3
		Pm	3	48	33.8	0.20			0.04	9.2						
		eSn	3	49	6.0											
		Sm	3	49	21.9	0.15	0.02	0.01					2.5			
NSLU	364	ePg	3	48	38.2						9.9	238				3.3
KORU	377	ePn	3	48	40.5						10.6	336				3.6
MEZ	388	ePn	3	48	42.0						10.6	346				3.7
HORU	388	ePn	3	48	42.1						10.7	360				3.7
		Pm	3	48	52.9	0.20			0.01	10.8						
		eSn	3	49	18.9											
		Sm	3	49	34.6	0.20	0.10	0.30					3.7			
BRIU	397	ePn	3	48	43.7						9.9	239				3.3
MORS	430	ePn	3	48	47.8						9.9	240				3.3
HOLU	446	ePn	3	48	47.9						10.3	294				3.5
STZU	473	ePn	3	48	52.6						9.9	239				3.3
SEV	571	P	3	49	2.9						9.8	107				3.2
		Pm	3	49	3.6	0.52			0.08	10.7						
		Sm	3	50	2.0	0.60	0.01	0.02					3.0			
SIM	594	P	3	49	5.7						10.1	135				3.4

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	3	49	10.8	0.46			0.03	10.9						
		Sm	3	50	11.2	1.15	0.03	0.07					3.2			
YAL	609	Pm	3	49	9.1	0.55			0.01							
SUDU	663	P	3	49	14.0						9.4	90				3.0
		Pm	3	49	14.5	0.67			0.03	11.0						
		Sm	3	50	20.3	0.86	0.02	0.06					3.3			
			N 45. 8 ноября. Закарпатье, р-н г.Свалява.													
			0=14ч 28мин 43.5с; φ=48.6°N; λ=22.96°E; h=3.2 км;													
			MD=1.9(12); Kp=7.9(2); KD=7.5(12); ML=2.0(4); MSH=1.9(2);													
MUKU	26	ePg	14	28	48.4						6.7	52				1.5
		Pm	14	28	49.9	0.30			0.09	8.2						
		iSg	14	28	52.4											
		Sm	14	28	57.6	0.80		1.50					2.0			
		m	14	28	57.7	0.70			0.70					2.1		
BRIU	30	ePg	14	28	48.8						7.2	67				1.8
		Pm	14	28	50.6	1.10			0.20	7.6						
		iSg	14	28	53.1											
		Sm	14	28	55.4	1.10	0.80	0.00					1.8			
		m	14	29	15.6	0.70			0.47					2.0		
MEZ	42	-iPg	14	28	51.6						7.1	65				1.7
HOLU	43	ePg	14	28	51.1						7.4	74				1.9
		eSg	14	28	57.6											
BERU	47	ePg	14	28	52.1						7.7	87				2.1
		iSg	14	28	58.8											
		m	14	29	38.8	0.90			0.35					2.1		
UZH	50	ePg	14	28	53.9						7.1	63				1.7
		eSg	14	28	59.8											
		m	14	29	23.2	0.80			0.08					1.5		
KORU	51	ePg	14	28	53.6						7.9	91				2.1
		iSg	14	29	0.7											
STZU	53	iPg	14	28	53.9						7.5	77				1.9
		eSg	14	29	0.5											
NSLU	58	ePg	14	28	54.3						7.8	88				2.1
		eSg	14	29	2.6											
SHIU	75	ePg	14	28	57.3						7.8	90				2.1
MORS	91	ePg	14	28	59.5						7.7	83				2.0
RAKU	110	ePg	14	29	3.0						8.0	97				2.2
		iSg	14	29	18.8											
			N 46. 11 декабря. Закарпатье, р-н с.Перечин.													

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0=18ч 5мин 28.4с; φ=48.72°N; λ=23.48°E; h=2 км;																
MD=1.4(5); Kp=7.1(1); KD=6.5(5); ML=1.2(3); MSH=1.5(1);																
MEZ	23	eSg	18	5	36.2											
BRIU	54	ePg	18	5	38.7						6.3	44				1.3
		eSg	18	5	46.3											
		m	18	5	53.6	0.35			0.03					1.1		
MORS	56	ePg	18	5	39.2						6.3	44				1.3
		eSg	18	5	47.4											
SHIU	57	ePg	18	5	38.7											
		eSg	18	5	47.2											
NSLU	58	ePg	18	5	39.4						6.5	48				1.4
		Pm	18	5	40.4	0.20			0.01	7.1						
		eSg	18	5	47.1											
		m	18	5	49.4	0.25			0.03					1.2		
		Sm	18	5	50.4	0.30	0.12	0.06					1.5			
KORU	67	eSg	18	5	50.7											
STZU	71	ePg	18	5	41.4						6.7	53				1.5
		eSg	18	5	52.2											
		m	18	5	57.2	0.45			0.04					1.4		
STNU	75	ePg	18	5	42.6						6.8	54				1.5
		eSg	18	5	52.9											
BERU	81	eSg	18	5	55.0											
N 47. 21 декабря. Закарпатье, р-н с. Нижнее Селище.																
0=10ч 22мин 22.7с; φ=48.14°N; λ=23.45°E; h=2 км;																
MD=1.7(6); Kp=7.1(5); KD=7.1(6); ML=1.8(5); MSH=1.6(5);																
NSLU	6.8	-iPg	10	22	24.0						7.1	62				1.7
		Pm	10	22	24.5	0.10			0.20	6.8						
		eSg	10	22	25.7											
		Sm	10	22	26.2	0.40	0.20	3.90					1.7			
		m	10	22	27.0	0.20			1.10					1.7		
KORU	24	ePg	10	22	26.7						7.2	66				1.8
		Pm	10	22	28.2	0.80			0.20	7.2						
		eSg	10	22	31.0											
		Sm	10	22	45.1	1.20	0.60	0.05					1.6			
		m	10	22	46.2	0.90			1.00					2.2		
TRSU	37	ePg	10	22	30.7						7.3	71				1.9
		Pm	10	22	33.0	0.70			0.05	7.2						
		eSg	10	22	35.2											
		Sm	10	22	49.4	1.00	0.20	0.30					1.6			

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		m	10	22	57.8	0.90			0.20					1.8		
MEZ	42	eSg	10	22	36.2											
RAKU	54	ePg	10	22	34.0						7.2	67				1.8
		Pm	10	22	36.2	1.10			0.01	7.2						
		eSg	10	22	40.2											
		m	10	22	56.0	0.80			0.05					1.4		
		Sm	10	23	1.0	1.50	0.20	0.01					1.6			
MUKU	67	eSg	10	22	44.4											
STNU	100	ePg	10	22	42.0						7.2	68				1.8
STZU	115	ePg	10	22	43.7						6.8	56				1.6
		Pm	10	22	46.1	1.00			0.01	7.0						
		eSg	10	22	59.2											
		Sm	10	23	2.5	0.80	0.06	0.02					1.5			
		m	10	23	10.3	0.90			0.04					1.7		
NDNU	4.4	ePg	19	39	41.7						6.2	41				1.2
		Pm	19	39	42.2	0.10			0.40	5.5						
		eSg	19	39	42.8											
		Sm	19	39	43.0	0.10	1.10	0.30					0.9			
		m	19	39	43.5	0.10			1.35					1.6		
KMPU	63	ePg	19	39	51.1						7.3	69				1.8
		eSg	19	39	58.9											
HORU	93	ePg	19	39	57.3						7.3	72				1.9
		eSg	19	40	7.6											
KSV	169	ePn	19	40	8.7						7.4	72				1.9
		Pm	19	40	12.1	0.10			0.02	8.6						
		eSn	19	40	28.2											
		Sm	19	40	31.7	0.10	0.06	0.14					2.1			
		m	19	40	32.6	0.10			0.04					1.9		
STNU	207	ePn	19	40	13.8						7.4	75				1.9
		eSn	19	40	37.8											

N 48. 27 декабря. Хмельницкая обл., р-н с.Рудковци.

0=19ч 39мин 41.4с; φ=48.62°N; λ=27.32°E; h=2 км;

MD=1.7(5); Kp=7.1(2); KD=7.1(5); ML=1.8(2); MSH=1.7(2);

Список литературы

1. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. М.: Наука, 1982. 273 с.
2. Раутиан Т. Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР; N32(199)). М.: АН СССР. 1964. С. 88–93.

3. Раутиан Т. Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; N9(176)). М.: АН СССР, 1960. С. 75–114.
4. Маламуд А. С. Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, т. II. М.: АН СССР, 1974. С. 180–194.
5. Herrmann, R. B. 1979, «FASTHYPO – a hypocenter location program», Earthquake notes, vol. 50, no. 2, pp. 25–37.
6. Кутас В. В., Пронишин Р. С., Руденская И. М. Использование макросейсмических данных при расчете закарпатского годографа *P*- и *S*-волн // Сейсмологический бюллетень Украины за 2002 год. Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2004. С.119–126.
7. Кутас В. В., Руденская И. М., Калитова И. А. Карпатский годограф *P*- и *S*-волн и неоднородности литосферы // Геофизический журнал 1999. Т. 21. №3. С. 45–54.
8. Jeffreys H., Bullen R. Seismological Tables. London. 1940. 84 p.
9. Вербицкий С. Т., Пронишин Р. С., Прокопишин В. И., Стецкив А. Т., Чуба М. В., Нищименко И. М., Келеман И. Н. Герасименюк Г. А. Сейсмичность Карпат в 2017 году // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. Том 4(70), №4, 2018. С. 84–93.
10. Медведев С. В., Шпонхойер В., Карник В.. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с.

THE SEISMICITY OF THE CARPATHIANS IN 2018

Verbitsky S. T., Pronishin R. S., Procopishin V. I., Stetskiv A. T., Nischimenko I. M., Keleman I. N., Gerasimeniuk G. A.

S. I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine
E-mail: pronrom@gmail.com

In 2018 in the Carpathian region seismic monitoring was held by the stationary seismic stations «Lviv», «Uzhgorod», «Mezhgorye», «Kosov», «Morshyn», «Trosnik», «Nyzhnye Selyshche», «Gorodok», «Chernivtsi», «Berehove», «Breed», «Mukachevo», «Rakhiv», «Korolevo», «Kamianets-Podilskyi», «Novodnestrovsk», «Skhidnytsya», «Starunya», «Stuzhytsya» and «Holmets». In all the seismic stations of instrumental observations it was carried out with the use of digital equipment, was established in the Department of seismicity Carpathian region of the Institute of Geophysics of NAS of Ukraine. The entire territory of the Carpathian region is divided into nine seismically active regions. A comprehensive analysis was performed for an area bounded by coordinates: 47°*N*–21°*E*; 51°*N*–21°*E*, 51°*N*–30°*E*; 44°*N*–30°*E*; 44°*N*–24°*E*; 47°*N*–24°*E*.

In total in 2018 a network of seismic stations in the Carpathian region recorded 48 earthquakes in the energy level range of K_R = 5.2÷13.6. The total energy released was $\Sigma E = 4.11 \cdot 10^{13}$J, which is higher than the level of the previous year $\Sigma E = 9.30 \cdot 10^{12}$J.

Increased seismic activity this year was observed in Transcarpathia and in the Vrancea mountains. In the Transcarpathia region, 13 earthquakes with the energy class K_R = 5.7 ÷ 7.9. Their total seismic energy was $\Sigma E = 2.46 \cdot 10^{8}$J. The strongest of them were recorded on June 27 at 08:28 with *KD* = 7.8 and a depth of *h* = 2 *km* in the vicinity of the village of Shirokoye and on November 8 at 14:00 with K_R=7.9 and a depth of *h* = 3.2 *km* in the area of Svalyava.

In the seismically active area of Vrancea, a network of seismic stations in the Carpathian region of Ukraine recorded 17 earthquakes of the energy class K_R=8.5÷ 13.6 were

recorded, their total seismic energy was $\Sigma E = 4.11 \cdot 10^{13}$J. The foci of the Vrancea earthquakes are concentrated at a depth of h = 50-160 *km*. The greatest activity in the Vrancea region was observed in September. The regional Carpathian hodograph was used to determine the main parameters of earthquakes in the North-West region, and the Jeffries-Bullen hodograph was used for the outbreaks of the Vrancha zone and areas 5, 8.
This year, as in previous years, there is an increase in the seismicity of Bukovina in the territory adjacent to the Dniester River in Chernivtsi and Khmelnytsky regions. In this region, 8 earthquakes with a total energy of $\Sigma E = 2.63 \cdot 10^{9} J$ were recorded. All the foci of earthquakes in the Bukovina region are located in the earth's crust at a depth of 1-3 km.
The article describes the features of seismicity of the Carpathian region in 2018. The catalog of earthquakes, distribution of earthquakes over the regions and energy classes, graphs of the release of seismic energy and the number of earthquakes in the region are presented. Brief characteristics of seismicity in separate seismically active areas of the Carpathian region is given.

Keywords: seismic station, earthquake, seismicity, seismic energy, seismic activity, energy class, epicenter, magnitude.

References

1. Instruktsiya o poryadke proizvodstva i obrabotki nablyudenij na sejsmicheskih stantsiyah Edinoj sistemy seyjmicheskih nablyudenij SSSR (The instruction about the order of making and processing observations of the USSR), Moscow, Nauka, 1982, 273 p. (in Russian).
2. Rautian T. G. Ob opredelenii energii zemletryasenij na rasstoyanii do 3000 km (On the determination of energy of earthquakes at distancesup to 3000 km). Eksperimental'naya sejsmika, 1964, no 32(199), pp. 88–93 (in Russian).
3. Rautian T. G. Energiya zemletryasenij (The energy of earthquakes). Metody detal'nogo izucheniya sejsmichnosti, 1960, no 9(176), pp. 75–114 (in Russian).
4. Malamud A. S. Ispol'zovanie dlitel'nosti kolebanij dlya energeticheskoy klassifikacii zemletryasenij (The use of the duration of vibrations for energy classification of earthquakes). Magnituda i energeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij, V. 2, Moscow, AN SSSR, 1974, pp. 180–194 (in Russian).
5. Herrmann R. B. FASTHYPO – a hypocenter location program. Earthquake notes, Vol. 50, no 2, 1979, pp. 25–37 (in English).
6. Kutas V. V., Pronishin R. S., Rudenskaya I. M. Ispol'zovanie makrosejsmicheskih dannyh pri raschete zakarpatskogo godografa *P*- i *S*-voln. (Thuse of macrosejsmic data in the calculation of the Transcarpsthian locus of *P*- and *S*-waves). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2002 god, Sevastopol', NPC «EKOSI-Gidrofizika» (Publ), 2004, pp. 119–126 (in Russian).
7. Kutas V. V., Rudenskaya I. M., Kalitova I. A. Karpatskij godograf *P*- i *S*-voln i neodnorodnosti litosfery (Carpathian locus of *P*- and *S*-waves and inhomogeneity of the litosphere). Geofizicheskij zhurnal, 1999, V. 21, no 3, pp.45–54 (in Russian).
8. Jeffreys H., Bullen R. Seismological Tables. London: British Association for the Advancement of Science, 1940, 84 p. (in English).
9. Verbitskiy S. T., Pronishin R. S., Prokopishin V. I., Stetskiv A. T., Chuba M. V., Nishchimenko I. M., Keleman I. N., Gerasimeniuk G. A. Seysmichnost' Karpat v 2017 godu (Seismicity of the Carpathians in 2017). Uchenyye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, Simferopol', 2018, Vol. 4(70), no 4, pp.84–93 (in Russian).
10. Medvedev S. V., Shponhojer V., Karnik V. Shkala seysmicheskoj intensivnosti MSK-64 (The scale MSK-64 seismic intensity), Moscow, MGK AN SSSR, 1965, 11 p. (in Russian).

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 151–168.

УДК 550.348.435

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА В 2014 ГОДУ

Пустовитенко Б. Г., Бондарь М. Н.

Институт сейсмологии и геодинамики ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: bpustovitenko@mail.ru

Рассмотрены пространственно-временные свойства сложной последовательности землетрясений, связанной с ощутимым сейсмическим толчком 2 марта 2014 года с магнитудой *Mw* = 4.1. Главное землетрясение со сбросовой подвижкой в очаге произошло под действием растягивающих напряжений. Землетрясение предварялось форшоками и сопровождалось шлейфом афтершоков, частота возникновения которых уменьшалась со временем по закону Омори. Сейсмический режим в период активизации зоны существенно отличался от долговременного. Поле всей совокупности землетрясений представлено в виде эллипса, наибольшая ось которого ориентирована субмеридионально вдоль изобат континентального склона и одной из нодальных плоскостей из решения механизма очага. Для главного толчка приведены динамические параметры очага.
Ключевые слова: механизм очага, группируемость, форшоки, афтершоки, закон Омори, график повторяемости, очаговая зона, динамические параметры очага.

ВВЕДЕНИЕ

2 марта 2014 г. в центральной зоне Крымско-Черноморского региона в земной коре района континентального склона Черного моря вблизи Южного берега Крыма произошло ощутимое землетрясение, которое предварялось серией форшоков и сопровождалось длительным шлейфом последующих толчков – афтершоков [1]. По степени группируемости землетрясений центральная часть Крымского сейсмоактивного региона относится к наиболее сложным и неоднородным районам. В соответствии с классификацией Моги [2] в центральной зоне региона часто возникают группы взаимосвязанных землетрясений типа I и II: I – главный толчок → афтершоки и II– форшоки → главный толчок → афтершоки [3–5]. В краевых зонах региона происходят преимущественно одноактные сейсмические события [6]. Сложная последовательность землетрясений 2014 г. относится ко II-типу группируемости, рассмотрению пространственно-временных свойств которой посвящена данная работа.

1. ОСНОВНОЙ ТОЛЧОК

Главный толчок 2 марта 2014 г. в $03^h34^m28.3^s$ с координатами гипоцентра: φ=44.30°N, λ=34.33°E, *h*=28 *км* и с энергетическим классом $K_П$ = 11.2, ощущался населением на Южном берегу Крыма. Сейсмические сотрясения с интенсивностью *I*=2,5–3 *балла* отмечены в трех населенных пунктах: Ялта (Δ = 25 *км*), Малый Маяк (Δ = 36 *км*), Алушта (Δ = 43 *км*) [1].

Сейсмические волны от этого землетрясения зарегистрированы 138 сейсмическими станциями мировой сети до эпицентральных расстояний 7842 *км*.

Соответственно, в крупных Международных сейсмологических центрах определены его основные параметры (табл. 1).

Таблица 1.

Основные параметры землетрясения 2 марта 2014 г. по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	N_S / N_f	t_0, *ч мин с*	δt_0, *с*	Гипоцентр				Магнитуда (кол-во станций)	Источник
				φ°, N	λ°, E	δ°	*h*, *км*		
Крым	11/19	03 34 28.3	0.9	44.30	34.33	0.01	28	$K_п$=11.2(2), ML_{WSG}=3.9(2), *MD*=3.5(5), *Mc*=3.3, *Mw* =4.12(7)*	[1]
MOS	/46	03 34 25.8	1.14	44.31	34.25	0.06	11	*mb*=3.8	[7[
ISC	138/174	03 34 28.6	0.9	44.28	34.31	0.06	26	*mb*=3.4(8), *ML*=4.1	[8]
NEIC	/18	03 34 27.4	1.9	44.31	34.39	0.08	10		[8]
IDC	/20	03 34 25.9	0.6	44.35	34.39	0.1	0f	*mb*=3.4(8), *mb*1=3.5(15), *mb*1mx=3.4(48), *mb*tmp=3.4(15),*ML*=3.3(7), *MS*=2.7, *MS*1=2.7,	[8]

Примечание: N_S/N_f – количество станций и сейсмических фаз, участвующих в определениях координат; * – магнитуда по сейсмическому моменту по результатам данной работы (см. Табл. 4)

Вычисленные по данным всех агентств средние значения координат эпицентра: φ° = 44.°31 и λ° = 34°.34 получились близкими к таковым по Крыму (Рис. 1).

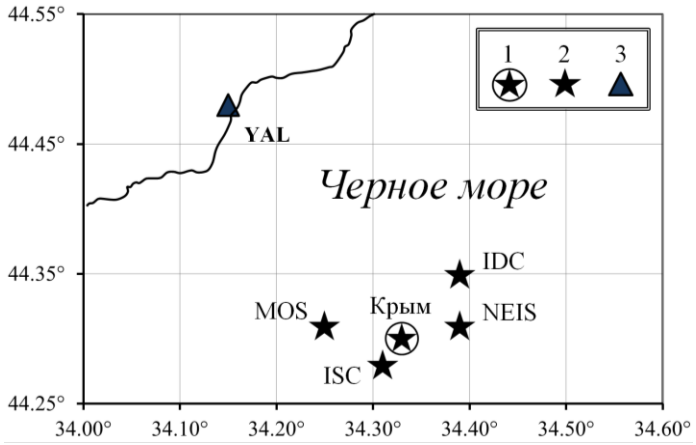


Рис. 1. Расположение эпицентра землетрясения 02.03.2014 г. по данным: *1* – обработки в Крыму; *2* – в Международных центрах; *3* – ближайшая сейсмическая станция «Ялта».

В целом получены согласованные (в пределах погрешностей) координаты эпицентра с разбросом данных 0º.02 – по широте и 0º.03 – по долготе по отношению к таковым по Крыму и вычисленному по данным всех агентств среднему значению (φ° = 44.°31 и λ° = 34°.34). В то же время, интервал значений глубин составил от 0 (фиксированное значение по IDC) до 26–28 *км* по данным обработки в Крыму и в Международном центре данных (ISC) с привлечением 138 станций Мировой сети, включая региональные станции Крыма.

За окончательное принято решение, полученное в Крыму с использованием записей волновых форм на ближайших к эпицентру сейсмических станциях, наиболее чувствительных к глубине очага. Это решение включено в каталоги для последующего использования в различных научных и прикладных задачах сейсмологии, в частности при оценке очаговых параметров.

Очаговые параметры

Механизм очага землетрясения 2 марта восстановлен по стандартной методике в рамках двойного диполя [9]. Использовано 62 знака первых вступлений продольных волн на региональные и международные сейсмические станции, расположенные в широком азимутальном окружении относительно очага. В соответствие с полученным решением землетрясение 2 марта произошло под действием горизонтальных (PL_T = 8°) сил растяжения, ориентированных близширотно (AZM_P = 117°). Тип подвижки в очаге – сбросо-сдвиг с преобладанием сбросовой компоненты над сдвиговой (Табл. 2, Рис. 2). Первая плоскость разрыва *NP1* имела диагональную ориентацию (STK_{NP1} = 44°) с наклонным падением (DP_{NP1}= 57°) на юго-восток, а другая *NP2* – близмеридиональную (STK_{NP2}=184°), также с пологим падением (DP_{NP2} = 41°) на запад.

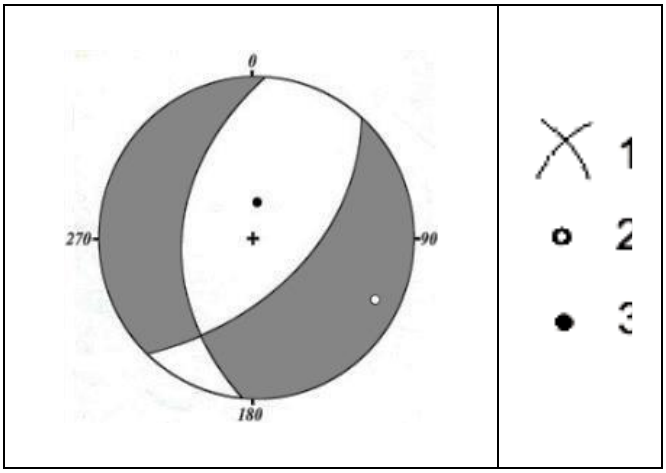


Рис. 2**.** Стереограмма механизма очага землетрясения 2 марта 2014 г. в проекции нижней полусферы. *1* – нодальные линии; *2, 3* – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

Таблица 2.

Параметры механизма очага землетрясения 2 марта 2014 г. с $K_П$=11.2

Дата, *д м*	t_0, *ч мин с*	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
		T		*N*		*P*		*NP1*			*NP2*		
		PL	*AZM*	*PL*	*AZM*	*PL*	*AZM*	*STK*	*DP*	*SLIP*	*STK*	*DP*	*SLIP*
02.03.	03 34 28.3	8	117	21	210	68	5	44	57	–65	184	41	–122

Динамические параметры очага восстановлены по записям продольных *P*-волн и поперечных *S*-волн на четырех региональных сейсмических станциях: «Алушта» (ALU), «Севастополь» (SEV), «Симферополь» (SIM), «Судак» (SUDU). По параметрам механизма очага определены поправки за направленность излучения $R_{\theta\varphi}$ из очага на станции регистрации (табл. 3), которые далее использованы для уточнения скалярного сейсмического момента M_0 по формуле (1) и других динамических параметров [10–12].

$$M_0 = \Omega_0(4\pi\rho \cdot V^3)/R_{\theta\varphi} \cdot G(\Delta, h) \cdot C(\omega) \cdot Sm(f) \qquad (1)$$

Таблица 3.

Значения станционных поправок $R_{\theta\varphi}$ для землетрясений 2 марта 2014 г.

Станция	SIM		SEV	SUDU		ALU	
Тип волны	*P*	*S*	*S*	*P*	*S*	*P*	*S*
$R_{\theta\varphi}$	0.09	0.54	0.32	0.21	0.39	0.56	0.27

Ранее [13] при отсутствии на тот момент решения механизма очага было принято среднее значение $R_{\theta\varphi}$ = 0.4 для всех станций, участвующих в оценке динамических параметров. В таблице 4 даны уточненные значения динамических параметров очага землетрясения 2 марта с учетом поправок за направленность излучения $R_{\theta\varphi}$ и повторной интерпретации амплитудных спектров.

Из таблицы 4 видно, что получена хорошая сходимость станционных определений динамических параметров с малым стандартным отклонением от среднего значения для данного очага, что позволяет выполненные оценки отнести к категории надежных, достоверных. На основании этого можно заключить, что в процессе снятия напряжений в очаге главного землетрясения 2 марта 2014 года для перемещения бортов разрыва на величину подвижки $\bar{u}$ = 2.5 *см*, была произведена работа, эквивалентная сейсмическому моменту M_0=188·10^{13} *Н·м*. При этом сброшенное напряжение $\Delta\sigma$, равное 11.18·10^5, *Па* (11 бар) превысило кажущееся $\eta\sigma$ примерно в 4 раза за счет гладкого скольжения по разрыву ($\Delta\sigma_г$ = 1.68·10 *Па*). Энергия дислокации *E*u в очаге радиусом r_0=0.89 *км* составила 3.5·10^{10} *Дж,* а деформация среды ε = 37.3·10^{-6}.

Таблица 4.

Спектральные и динамические параметры очага землетрясения 2 марта с $K_П$ = 11.2

Станция	Волна	Составляющая	Δ, *км*	$\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, *м·с*	$\sum\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, *м·с*	f_0, *Гц*	$M_0 \cdot 10^{13}$, *Н·м*	r_0, *км*	$\Delta\sigma \cdot 10^5$, *Па*	$\varepsilon \cdot 10^{-6}$	$\bar{u} \cdot 10^{-2}$, *м*	$\eta\sigma \cdot 10^5$, *Па*	$\Delta\sigma_r \cdot 10^5$, *Па*	$Eu \cdot 10^8$, *Дж*	*Mw**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2 марта. t_0 = 03 *ч* 34 *мин* 28.3 *с*; φ = 44.30°, λ = 34. 33°; *h* = 28 *км*; $K_П$ = 11.2															
ALU	P	Z	43	1.5		2.7	148.0	0.91	8.6	28.6	1.9	3.21	1.08	212.0	4.05
ALU	S	N+E	43		6	1.7	182	0.76	13.8	46.0	2.8	2.61	4.29	419	4.11
SEV	S	N+E	59		3	1.65	123	0.86	8.5	28.4	1.77	3.87	0.39	174	4.0
SIM	P	Z	75	0.75		2.8	280	0.88	18.1	60.5	3.86	1.7	0.74	848	4.23
SIM	S	N+E	75		12	1.52	189	0.93	10.2	34.1	2.31	2.52	2.6	322.0	4.12
SUDU	P	Z	84	0.5		2.5	220.0	0.98	10.1	33.7	2.41	2.17	2.89	370.0	4.16
SUDU	S	N+E	84		4.95	1.5	223.0	0.94	11.6	38.8	2.66	2.13	3.69	433.0	4.17
X – среднее значение							**188.96**	**0.89**	**11.18**	**37.32**	**2.46**	**2.52**	**1.68**	**352.5**	**4.12***
стандартное отклонение							0.04	0.01	0.04	0.04	0.04	0.05	0.15	0.09	0.04

Примечание: значения X в графах 8–15 – средне-геометрические со стандартным отклонением [10], *Mw** – *с*реднее арифметическое с соответствующей погрешностью; N+E – полный вектор колебаний, определенный по записям двух горизонтальных составляющих записи волны *S*.

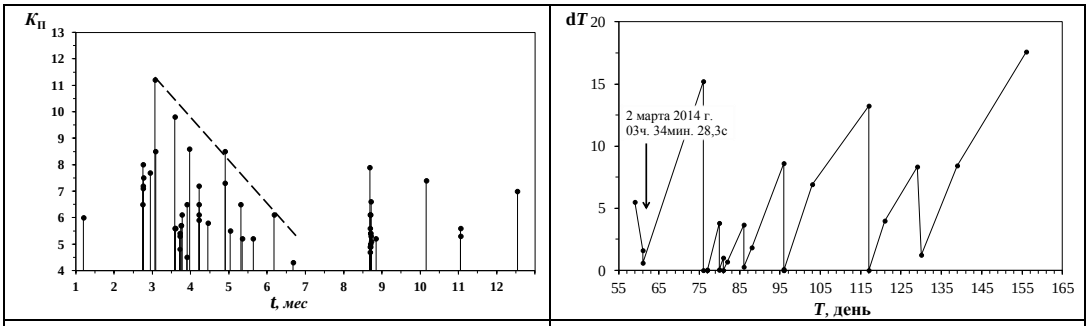
2. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ СВОЙСТВА ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Главный толчок 2 марта 2014 г. предварялся шестью форшоками энергетических классов $K_П$ = 6.5–8.0, произошедшими с 22 по 28 февраля на глубинах очагов *h*=18–27 *км* [1]. Глубина основного толчка *h*=28 *км,* первого афтершока с $K_П$=8.5, последовавшего через 15 часов – *h*=26 *км.* Энергетическая ступень между основным толчком и наиболее сильным форшоком составила 3 порядка ($\Delta K_{П\_фор}$ = 3.2), а между основным толчком и наиболее сильным афтершоком – около полутора порядков ($\Delta K_{П\_афт}$ = 1.4).

Активизация центральной зоны, в том числе за счет афтершоков землетрясения 2 марта в 03^h34^m, прослеживалась до 16 декабря (Рис. 3,а).

Непосредственно к серии афтершоков можно отнести землетрясения с 02.03.2014 г. по 20.06.2014 г., произошедшие вблизи эпицентра главного толчка с характерным для афтершоковых последовательностей спадом энергетического уровня (Рис. 3,а, штрих-линия) и малыми промежутками времени d*T* между событиями (Рис. 3,б). В форшоковый период d*T* составляли от 7 минут до 5 дней, а в афтершоковый – от 1 минуты до 17 дней.

Афтершоки являются отражением релаксационных процессов в области очага главного события, которые проявляются в уменьшении интенсивности потока афтершоков во времени по степенному закону – по закону Омори [14]. Заметим, что закон Омори применим только для начального активного периода проявления афтершоков. В последующий период отмечаются нерегулярные флуктуации выделения энергии и интенсивности потока событий, что и характерно для рассматриваемой последовательности (Рис. 3,а).



а *б*

Рис. 3. Изменение со временем: *а* – энергетического класса $K_П$ землетрясений центральной зоны региона (Ялтинский район, № 2) в течение 2014 г.; *б* – промежутков времени dT (в днях) для последующих толчков до 20.06.2014 г.

Временной ход числа афтершоков N, происходящих в этот активный интервал времени t, можно описать уравнением прямой в двойном логарифмическом масштабе:

$$\lg N = -(1.48\pm 0.15)\cdot\lg t + (1.21\pm 0.06) \qquad (2)$$

Коэффициент спада со временем потока повторных событий p составил 1.48±0.15, что больше преобладающего значения $p\approx 1$ для большинства афтершоковых последовательностей землетрясений Крыма [3] и Мира [15, 16].

Из всей совокупности событий, часть (61%) с низкими энергетическими классами $K_П$=4.3–6.1 отчетливо записана только двумя станциями и не являются представительными. В связи с этим далее при исследовании пространственных свойств взаимосвязанных событий они не рассматривались.

Рассмотрим **расположение в пространстве,** группирующихся событий ($K_П$ > 6) (рис. 4). Первая группа афтершоков в период до 29 марта энергетических классов $K_П$ > 6 произошла севернее главного толчка на меньшей, чем основной толчок глубине вблизи зоны форшоков (рис. 4). Эпицентральное расстояние от г. Ялта Δ=8–24 *км*. С 06.04 по 27.04 возникла вторая группа очагов, расположенная южнее основного толчка в более глубоких слоях земной коры (h=22–28 *км*).

В целом общую очаговую зону всей последовательности группирующихся землетрясений ($K_П$ > 6) можно представить в виде эллипса с длиной большой оси

около 25 *км*, ориентированной субмеридионально в *Az* ≈ 20º (Рис. 4,а, контур 2). При этом форшоки, располагаясь в верхней части общей очаговой зоны (Рис. 4,а, контур 1), заняли незначительную компактную площадь в виде эллипса, ориентированного диагонально (*Az* ≈ 330º). Интересно отметить практически полное соответствие ориентации всей очаговой зоны и зоны форшоков землетрясения 2 марта 2014 г. с магнитудой *M*w = 4.1 и сложной последовательности разрушительного землетрясения 1927 г. с *M*w=6.9, произошедшего в данной эпицентральной зоне с аналогичными географическими координатами [17, 18].

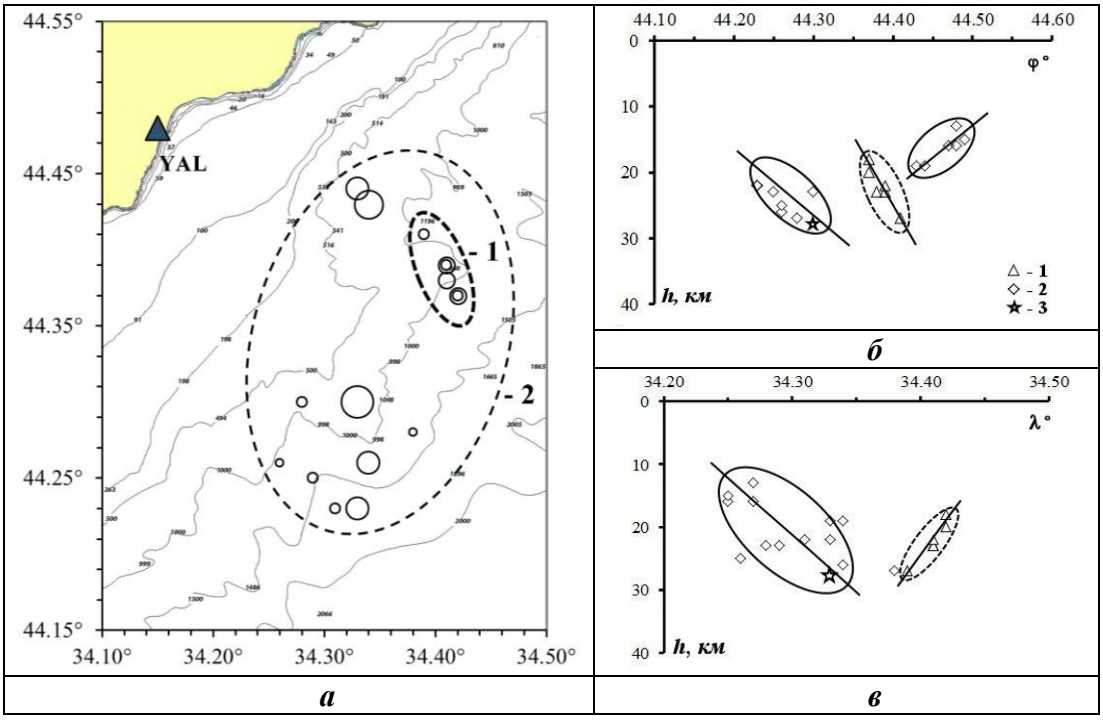


Рис. 4. Пространственное расположение очагов группирующихся землетрясений с $K_П$ > 6 центральной зоны Крыма в 2014 г.: *а* – карта эпицентров. Контуры: *1* – форшоков; *2* – всей зоны последовательности 02.03.2014 г.; *б, в* – распределение по глубине, соответственно, вдоль направлений по широте и долготе:.1 – форшоки; 2 – афтершоки; *3* – главный толчок 02.03.2014 г. Кривыми линиями отмечены изобаты континентального склона.

По глубине очаги землетрясений также группировались в отдельные зоны-кластеры (Рис. 4*б, в*). Для наглядности рассмотрены сечения по глубинам вдоль географической широты (Рис. 4*а*) и долготы (Рис. 4*б*). Можно выделить три локализованные группы гипоцентров вдоль широтного направления (рис. 4*б*): форшоковая зона с тенденцией заглубления к северу под углом около α ≈ 60°; южная часть афтершоков (вблизи основного толчка) с более пологим погружением к северу; и

северо западная группа афтершоков (вблизи форшоковой зоны) с наклонным падением с севера на юг.

В разрезе по глубине вдоль направления по долготе (Рис. 4***в***) выделяется две группы гипоцентров: форшоковая зона с крутым погружением ($\alpha \approx 70°$) с востока на запад и афтершоковая – с более пологим погружением с запада на восток. В целом можно отметить, что разгрузка очаговой зоны после главного толчка шла снизу вверх, охватив значительный объем глубинной среды около 2500 $км^3$. Это соизмеримо с размерами очаговой зоны землетрясения 12 апреля 2009 г. такого же энергетического уровня ($K_П$ =11.2) [5].

Сейсмический режим. Для больших временных интервалов сейсмический режим близок к стационарному [19]. Для центральной зоны Крымского региона, где произошли рассматриваемые серии землетрясений кумулятивный график повторяемости за длительный период с 1955 по 2013 гг. описывается уравнением:

$$\lg N = -(0.41\pm0.03)\cdot K_П + (6.97\pm0.34), \quad r = 0.95 \qquad (3)$$

В то же время в пределах очаговых зон связанных серий землетрясений, ограниченных малым сроком реализации сейсмичности, стационарность сейсмического режима нарушается, и параметры закона повторяемости землетрясений могут существенно отклоняться от долговременных значений. В работе [3] было показано, что угловой коэффициент графика повторяемости γ в форшоко-афтершоковый период группирующихся сейсмических событий центральной зоны Крымского региона значительно меньше среднего долговременного значения. Для последовательности группирующихся землетрясений 2014 г. по данным представительных землетрясений с $K_П > 6$ построен кумулятивный график повторяемости (Рис. 5), который можно надежно аппроксимировать уравнением прямой:

$$\lg N = -(0.30\pm0.01)\cdot K_П + (3.35\pm0.10), \quad r = 0.99 \qquad (3)$$

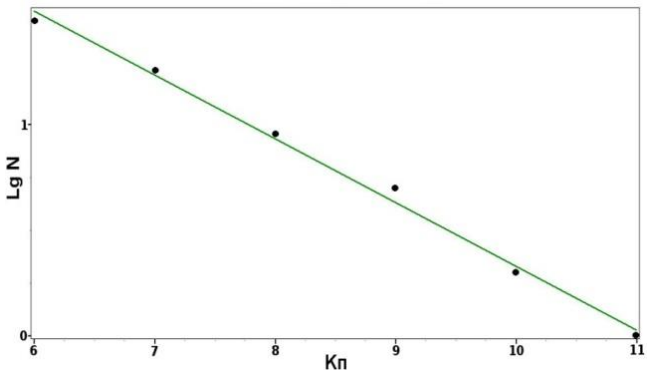


Рис. 5. График повторяемости форшок-афтершокового периода землетрясений 2014 года.

Уравнения 2 и 3 получены методом ортогональной регрессии с высокими коэффициентами корреляции r, и малой погрешностью в оценке углового коэффициента γ, потому их сравнение корректно. Из сравнения следует, что в форшоко-афтершоковый период 2014 г. отмечено отклонение сейсмического режима от стационарного с заниженным значением углового коэффициента γ, как и для других группирующихся землетрясений центральной зоны Крыма [3].

Причина уменьшения значения γ в зоне сложных последовательностей может быть объяснена локализацией и увеличением объемного разрушения среды вдоль поверхности главного разрыва, когда среда становится более податливой для образования последующих крупных трещин.

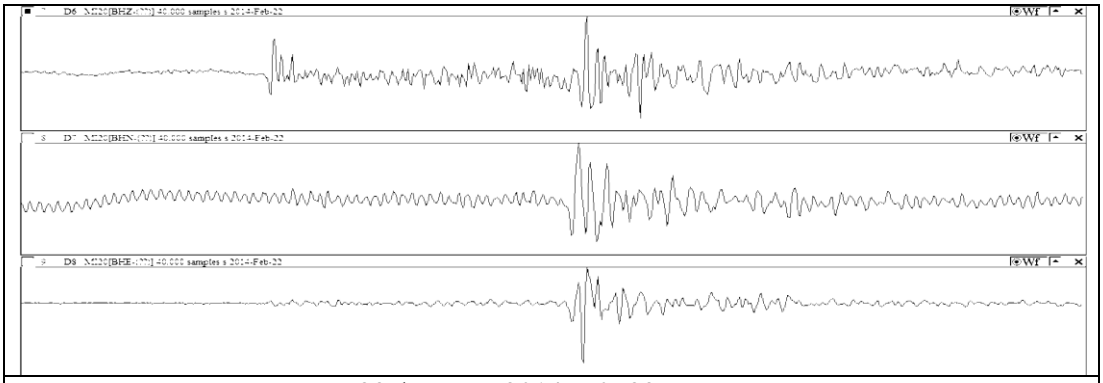
3. ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Характер и основные параметры сейсмических колебаний от землетрясений зависят главным образом от источника излучения (очага), характеристик глубинной среды на пути распространения и свойств подстилающих пород под станцией регистрации. В связи с этим по внешнему виду сейсмограмм невозможно вычесть эти факторы и решить обратную задачу по их идентификации. Но, если условно исключить влияние двух последних факторов, взяв, например, одну станцию регистрации и компактно расположенную группу очагов, то можно качественно оценить некоторые свойства источника.

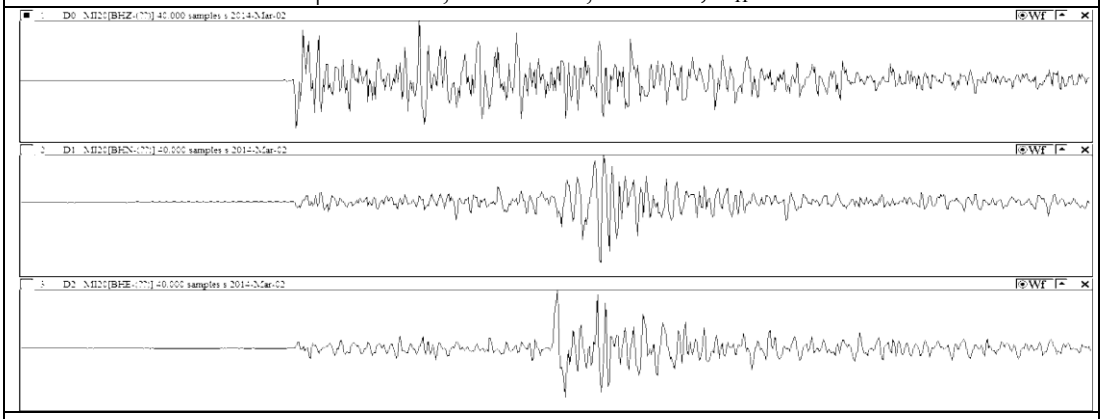
Попытаемся таким способом рассмотреть волновые формы рассматриваемой последовательности 2014 года по записям станции «Ялта» (Рис. 6).

Визуальное сравнение волновых форм наиболее сильного форшока и афтершоков с записью основного толчка показывает, что первое движение в очагах было подобным – на станцию «Ялта» первой пришла волна разрежения (минус). В то же время, характер колебательного процесса во всех рассмотренных примерах различен, как в группе продольных, так и поперечных волн. Наиболее ярко различаются записи по вертикальной составляющей. Различные виды записи (Рис. 6) качественно указывают на различия и индивидуальные особенности физических процессов в отдельных очагах, связанных в пространственно-временную последовательность землетрясений. Не исключено также влияние вариаций параметров модели среды в окрестности каждого очага и трассы на пути распространения сейсмических волн за счет различий в глубинах гипоцентров.

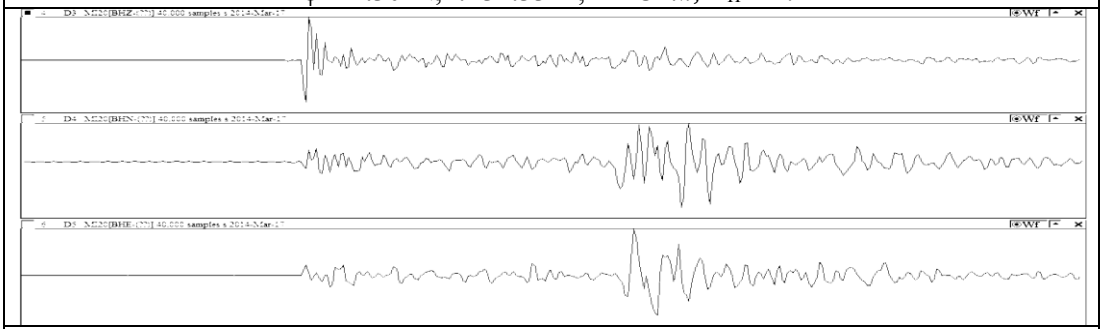
Рассмотрим также количественные параметры сейсмических колебаний, такие, как отношения амплитуд поперечных As и продольных волн Ap – волн (As/Ap) и отношения периодов колебаний в максимальных амплитудах (Ts/Tp) по данным станций «Ялта» и «Алушта» (Рис. 7, 8). Эти параметры характеризуют в основном источник излучения, очаг землетрясения и не зависят от энергии землетрясений и эпицентрального расстояния.



Форшок. 22 февраля 2014 г. 0=22 *ч*.18 *мин*.48.3 *с*.,
φ=44.38°N, λ=34.41°E, *h*=23 *км*, $K_П$=8.0



Главный толчок. 02 марта 2014 г. 0=03 *ч*.34 *мин*.28.3 *с*.,
φ=44.30°N, λ=34.33°E, *h*=28 *км*, $K_П$=11.2



Афтершок 17 марта 2014 г.. 0=23 *ч*.13 *ми*н.36.0 *с*.,
φ=44.43°N, λ=34.34°E, *h*=19 *км*, $K_П$=9.8

Рис. 6. Примеры сейсмограмм по станции «Ялта» группирующихся землетрясений 2014 г.

На рисунке 7 заметна временн*а*я изменчивость параметров *A*s/*A*p: в форшоковый период на записях станций Ялта и Алушта отношения *A*s/*A*p значительно превосходят на только среднее долговременное равное четырем [20], но и среднее за период активизации очаговой зоны; в последующий период после главного толчка эти значения уменьшаются и становятся близкими к долговременным.

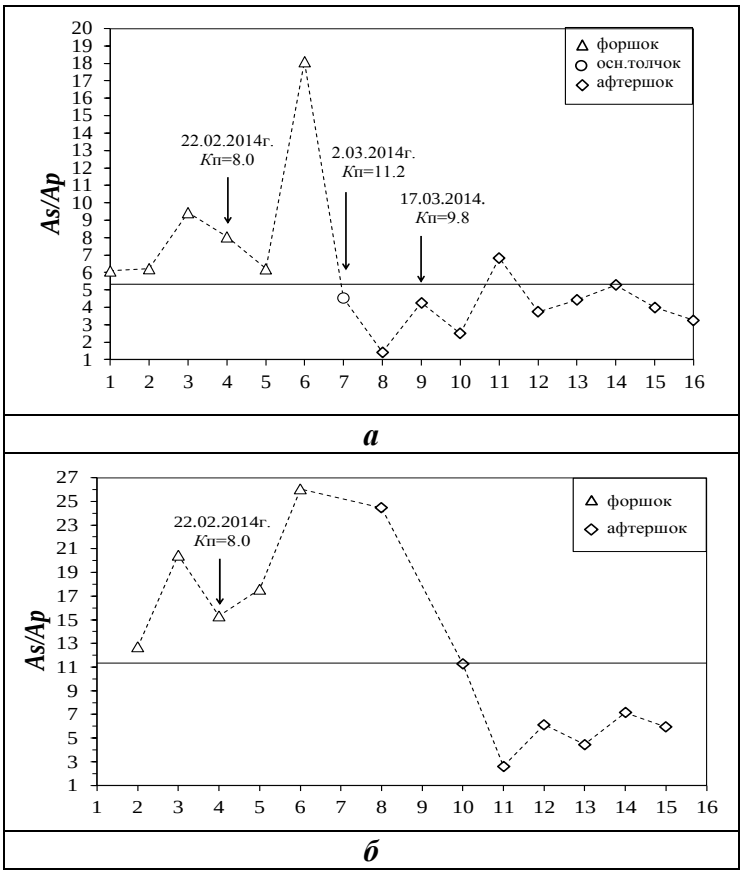


Рис. 7. Изменение отношений *A*s/*A*p для группы форшоков и афтершоков землетрясения 2 марта 2014 г. по записям сейсмических станций «Ялта» (***а)*** и «Алушта» (***б***). Прямые линии – средние значения за рассматриваемый период. Цифры по оси Y – порядковый номер последовательных по времени землетрясений.

Отношения периодов (*T*s/*T*p), напротив, в форшоковый период были заниженными на обеих станциях (Рис. 8), а в афтершоковый – носили нерегулярный характер, то увеличиваясь, то уменьшаясь по отношению к среднему станционному значению.

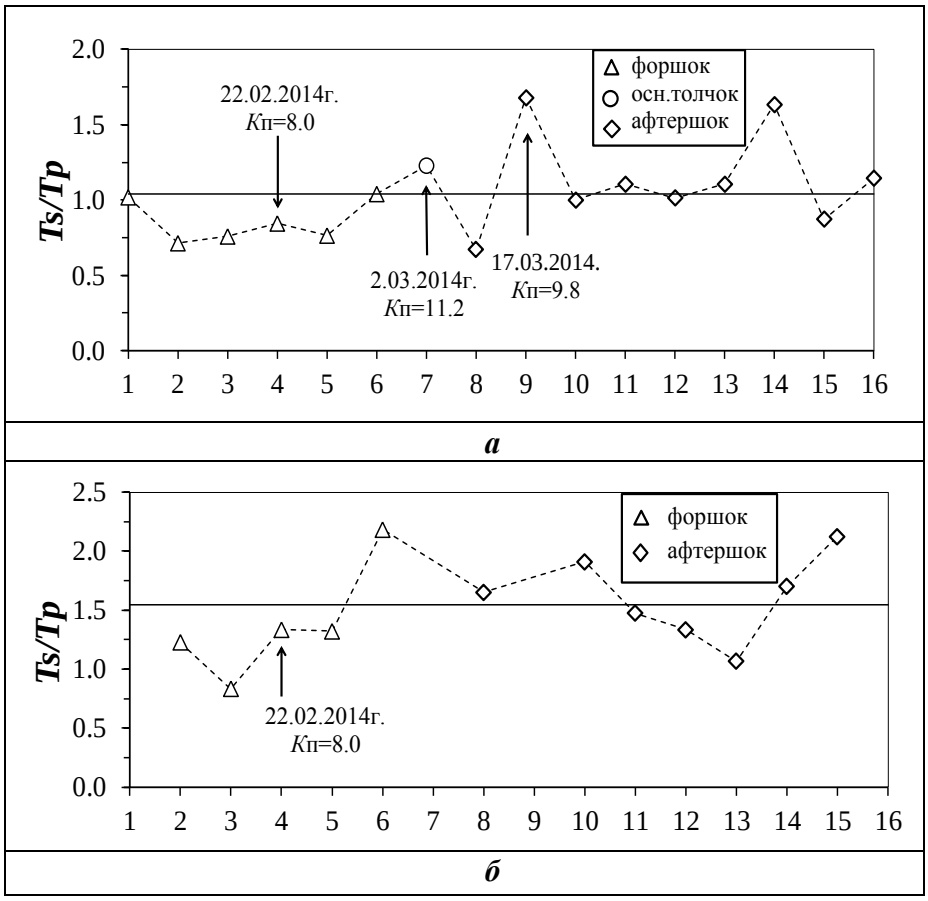


Рис. 8. Изменение отношений *Ts*/*Tp* для группы форшоков и афтершоков землетрясения 2 марта 2014 г. по записям сейсмических станций «Ялта» (*а)* и «Алушта» (*б*).

Все это косвенно свидетельствует о том, что как предыдущие (форшоки), так и последующие толчки (афтершоки) имели свои индивидуальные особенности очаговых процессов, не унаследованные от главного толчка его основные черты.

Как показано в работе [21] для очага землетрясения, представляемого в виде круговой дислокации, максимум сейсмического излучения направлен вдоль разрыва и по нормали к нему для поперечных *S*-волн, а для продольных *P*-волн вдоль разрыва излучение минимальное. Исходя из этого, отношения амплитуд *A*s/*A*p может характеризовать близость или удаленность азимута той или иной станции регистрации по отношению к направлению разрыва в очаге. Рассмотрим азимутальное распределение *A*s/*A*p (рис. 9) для шести наиболее значимых землетрясений из рассматриваемой последовательности: форшока, главного толчка,

по два афтершока из южной (близи основного) и северной (вблизи форшока) локальных групп эпицентров (табл. 5).

Таблица 5.

Основные параметры землетрясений, выбранных для анализа *A*s/*A*p (Az)

	Мес.	Число	Час	Мин.	Сек.	φ°	λ°	*h*, *км*	*K*п
форшок	2	22	22	18	48.3	44.38	34.41	23	8.0
осн.толчок	3	2	3	34	28.3	44.30	34.33	28	11.2
афтершок 1	3	2	18	10	25.9	44.26	34.34	26	8.5
афтершок 2	3	17	23	13	36	44.43	34.34	19	9.8
афтершок 3	3	29	5	41	21.1	44.44	34.33	19	8.6
афтершок 4	4	27	2	51	33.6	44.23	34.33	22	8.5

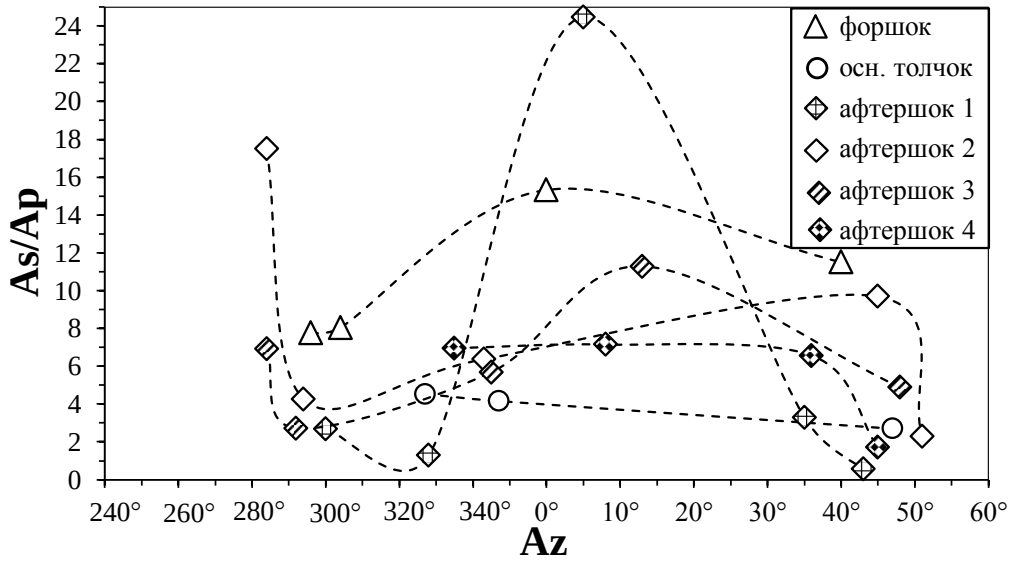


Рис. 9. Азимутальное распределение отношений *As/Ap* по станциям Крыма для землетрясений в соответствие с таблицей 5.

Несмотря на ограниченное количество станций регистрации и узкого диапазона азимутального распределения *A*s/*A*p, можно отметить максимум на графике *A*s/*A*p (Az°) в северном направлении (Az=0°–10°). Наиболее выраженный максимум отмечен для афтершока № 1, последовавшего сразу после основного толчка. К сожалению, колебания поперечных волн от основного землетрясения на станции «Алушта», расположенной в Az=8°, вышли за пределы сейсмограммы и на графике *A*s/*A*p (Az°) значения по ней отсутствуют. Можно только предположить, что это

произошло по причине близости азимутального расположения станции к направлению распространению разрыва. Это согласуется с простиранием одной из нодальных плоскостей в меридиональном направлении (STK_{NP2}=184°). Для удаленного по времени афтершока № 4 не выделено максимального значения на графике *A*s/*A*p (Az°).

ВЫВОДЫ

Как показано в работе [3] очаговые зоны группирующихся землетрясений центральной зоны Крымского региона приурочены к узлам пересечения основных сейсмогенерирующих структур Крыма 1 порядка с M_{max}=7.0 (Южно-Бережной и Одесско-Синопской) с другими крупными тектоническими структурами 2 порядка с M_{max} = 6–6.5 [22]. Взаимосвязанные землетрясения возникают преимущественно в пределах земной коры (*h*=15–32 *км*) района наибольшего градиента изобат континентального склона Черного моря. Рассматриваемая последовательность 2014 г. произошла в земной коре на глубине 28 *км* зоны сочленения Южно-Бережного и Ялтинского глубинных разломов в пределах очаговой зоны разрушительного землетрясения 11.09 1927 г. с M_W =6.9 [17, 18].

Главное землетрясение 2 марта 2014 года с магнитудой M_W = 4.1 произошло под действием горизонтальных растягивающих напряжений с подобным 11.09 1927 г. типом механизма очага. При этом одна из нодальных плоскостей (*NP2*) субвертикального простирания (*STK*=184º) соответствует азимуту направления большой оси эллипса афтершоков и ориентации изобат континентального склона в данном месте (Рис. 4). Кроме того, в этом направлении отмечены максимальные колебания поперечных волн и минимальные – продольных. В связи с этим плоскость *NP2* можно отнести к главной, по которой произошел косой сброс активного крыла разрыва с правосторонней компонентой смещения.

В процессе снятия напряжений в очаге ощутимого землетрясения 2 марта 2014 года была произведена работа, эквивалентная сейсмическому моменту M_0=188·10^{13} *Н·м* для перемещения бортов разрыва на величину подвижки ū=2.5 *см*. При этом сброшенное напряжение Δσ, равное 11.18·10^5 *Па* (11 бар) превысило кажущееся ησ примерно в 4 раза за счет гладкого скольжения по разрыву ($\Delta\sigma_r$ =1.68·10 *Па*), подготовленного серией форшоков.

Энергия дислокации *E*u в очаге радиусом r_0=0.89 *км* составила 3.5·10^{10} *Дж,* а деформация среды ε =37.3·10^{-6}.

Землетрясение предварялось форшоками и сопровождалось шлейфом афтершоков, частота возникновения которых уменьшалась со временем по закону Омори с коэффициентом спада 1.48.

Сейсмический режим в период активизации зоны существенно отличался от долговременного с угловым коэффициентом $\gamma = -0.41$. Для выборки представительных землетрясений форшок-афтершокового периода получено заниженное значение углового коэффициента $\gamma = -0.30$, как и для других группирующихся землетрясений центральной зоны Крыма [3].

Поле всей совокупности землетрясений представлено в виде эллипса, наибольшая ось которого ориентирована субмеридионально вдоль изобат

континентального склона и одной из нодальных плоскостей из решения механизма очага. Форшоки и афтершоки унаследовали некоторые черты основного толчка, но имели свои индивидуальные отличия и особенности.

По пространственному расположению очаговой зоны, типу подвижки в очаге, пространственно-временным свойствам сейсмических процессов форшок-афтершокового периода связанная последовательность землетрясения 02.03.2014 года во многом подобна последовательности разрушительного землетрясения 11.09.1927 года, являясь его аналогом на другом, более низком, энергетическом масштабном уровне.

Список литературы

1. Свидлова В. А., Калинюк И. В., Бондарь М. Н., Козиненко Н. М., Сыкчина З. Н. Сейсмичность Крыма в 2014 // Ученые записки Таврического национального университете им. В. И. Вернадского. География. 2014. Т. 27 (66). № 4. С. 7–69.
2. Mogi K. Some discussions on afterschoke, foreschoke and earthquake swarm – the fracture of a some-infinite body caused by on inner stress origin and its relation to the earthquake phenomena. Bull. of the earthquakes. Res. Inst. Univ of Tokyo. 1963. Voll. 41. Part 3. pp. 615–640.
3. Пустовитенко Б. Г. Некоторые свойства сложных последовательностей землетрясений Крыма // Геодинаміка. 2011. № 2(11). С. 257–262.
4. Пустовитенко Б. Г. Форосское землетрясение 18 октября 1998 года Mc=4.4; Mw=4.9, I_0=5 баллов (Крым) //Землетрясения Северной Евразии. Обнинск: ГС РАН. 2004. С. 240–248.
5. Пустовитенко Б. Г., Поречнова Е. И. Пространственно-временные свойства сейсмического процесса в очаговой зоне ощутимого землетрясения в Крыму 12 апреля 2009 г. //Сейсмологический бюллетень Украины за 2009 год. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2011. С. 24–34.
6. Каменобродский А. Г., Пустовитенко Б. Г. Особенности группирования землетрясений Крымско-Черноморского региона // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982. № 11. С. 25–32.
7. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2014 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. Обнинск: ГС РАН, 2014. URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014/ (дата обращения 17.08.2019 г.).
8. International Seismological Centre, On-line Bulletin [Electronic resource]. URL: http://www.isc.ac.uk. (дата обращения 17.08.2019).
9. Балакина Л. А., Введенская А. В., Голубева Н. В., Мишарина Л. А., Широкова Е. И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. Москва: Наука, 1972. 198 с.
10. Пустовитенко Б. Г., Пантелеева Т. А. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. Киев: Наукова думка, 1990. 251 с.
11. Brune I. V. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // Journal Geophysical Research. 1970. V. 75, no. 26, pp. 4997–5009.
12. Аптекман Ж. Я., Белавина Ю. Ф., Захарова А. И., Зобин В. М., Коган С. Я., Корчагина О. А., Москвина А. Г., Поликарпова Л. А., Чепкунас Л. С. Спектры *P*-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от станционного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология. 1989. № 2. С. 66–79.
13. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2014 года // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «География». 2014. Т 27 (66). № 4. С. 70–86.
14. Omori F. On aftershock of earthquakes // J. Coll. Sci. Univ. Tokyo. 1894. V. 7, pp. 111–200.
15. Utsu T., Ogata Y., Matsura R. S. The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity // J. Phys. Earth. 1995. V.43, pp. 1–33.
16. Татевосян Р. Э., Аптекман Ж. Я. Этапы развития афтершоковых последовательностей сильнейших землетрясений Мира // Физика Земли. 2008. № 12. С. 3–23.

17. Пустовитенко Б. Г., Кульчицкий В. Е., Аверьянова В. И., Шебалин Н. В. Особенности очаговых зон сильных Крымских землетрясений 11 сентября и 26 июля 1927 года // Вопр. инж. Сейсмологии; Вып. 18. М.: Наука, 1976. С. 103–114.
18. Пустовитенко Б. Г. Динамические параметры очагов разрушительных крымских землетрясений 1927 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2001 год. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2003. С. 124–130.
19. Ризниченко Ю. В. Проблемы сейсмологии. М.: Наука, 1985. 408 с.
20. Пустовитенко Б. Г., Лущик А. В., Боборыкина А. В., Кульчицкий В. Е., Можжерина А. В., Насонкин В. А., Панков Ф. Н., Поречнова Е. Н., Пустовитенко А. А., Тихоненков Э. П., Швырло Н. Н. Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ Гидрофизика», 2014. 264 с.
21. Москвина А. Г. исследование полей смещений упругих волн в зависимости от характеристик очага землетрясения // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1969. № 9. С. 3–16.
22. Пустовитенко Б. Г., Кульчицкий В. Е., Борисенко Л. С., Поречнова Е. И. Общее сейсмическое районирование территории Крыма (ОСР-98) // Геофизический журнал. 1999. Т. 21. № 6. С. 3–15.

SPATIAL-TEMPORARY PROPERTIES OF COMPLEX SEQUENCES OF EARTHQUAKES OF THE CRIMEA IN 2014

Pustovitenko B. G., Bondar M. N.

Institute of seismology and geodynamics FSAEI HE Of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia
E-mail: bpustovitenko@mail.ru

The spatio-temporal properties of a complex sequence of earthquakes associated with a tangible seismic shock on March 2, 2014 with a magnitude of $M_W = 4.1$ are considered.
The main earthquake occurred in the earth's crust of the South Coast fault under the action of tensile stresses. The type of movement in the source is the oblique-slip with the prevalence of the oblique component over the slip.
The earthquake was preceded by foreshocks and was accompanied by a plume of aftershocks, the frequency of which decreased over time according to Omori's law with a decline coefficient of 1.48. In the forshock-aftershock period of 2014, a deviation of the seismic regime from the long-term stationary one with an understated value of the angular coefficient of the recurrence graph γ was noted, as for other grouped earthquakes of the Central zone of the Crimea.
The field of the entire set of earthquakes is presented in the form of an ellipse, the largest axis of which is 25 km long, oriented submeridially along the isobaths of the continental slope and one of the nodal planes obtained from the focal mechanism of the main earthquake.
Foreshocks and aftershocks inherited some of the properties of the main shock, but had their own individual differences and features.
For the main shock on March 2, the dynamic parameters of the source are presented, which were refined taking into account the directivity of the radiation of seismic waves from the source: seismic moment $M_0 = 188 \cdot 10^{13}$, H m, circular dislocation radius $r_0 = 0.89$ km, displacement $\bar{u} = 2.5$ cm, discharged voltage $\Delta\sigma = 11.18 \cdot 10^5$, Pa, the dislocation energy $Eu = 3.5 \cdot 10^{10}$, J, and the medium deformation $\varepsilon = 37.3 \cdot 10^{-6}$. In this

case, the released stress $\Delta\sigma$ exceeded the apparent $\eta\sigma$ by about 4 times due to the smooth sliding along the gap prepared by the foreshocks.

In terms of the spatial location of the focal zone, the type of movement in the source, the spatiotemporal properties of the foreshock – aftershock seismic processes, the considered earthquake sequence of 03/02/2014 is similar to the sequence of the destructive earthquake of September 11, 1927, being its analogue at a lower energy level.

Key words: focal mechanism, groupability, foreshocks, aftershocks, Omori law, repeatability schedule, focal zone, dynamic focal parameters.

References

1. Svidlova V. A., Kalinyuk I. V., Bondar' M. N., Kozinenko N. M., Sykchina Z. N. Sejsmichnost' Kryma v 2014 godu (The seismicity of the Crimea in 2014). Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya Geografiya, 2014, V. 27(66), no/ 4, pp. 7–69 (in Russian).
2. Mogi K. Some discussions on afterschoke, foreschoke and earthquake swarm – the fracture of a some-infinite body caused by on inner stress origin and its relation to the earthquake phenomena. Bull. of the earthquakes. Res. Inst. Univ of Tokyo, 1963, Voll. 41, Part 3, pp. 615–640 (in English).
3. Pustovitenko B. G. Nekotorye svojstva slozhnyh posledovatel'nostej zemletryasenij Kryma (Some properties of complex sequences of Crimea earthquakes). Geodinamika, 2011, no 2(11), pp. 257–262 (in Russian).
4. Pustovitenko B. G. Forosskoe zemletryasenie 18 oktyabrya 1998 goda Mc=4.4; Mw=4.9, I_0=5 ballov (Krym) (Foros earthquake on October 18, 1998 Mc = 4.4; Mw = 4.9, I_0 = 5 points (Crimea)). Zemletryaseniya Severnoj Evrazii, Obninsk, GS RAN, 2004, pp. 240–248 (in Russian).
5. Pustovitenko B.G., Porechnova E.I. Prostranstvenno-vremennye svojstva sejsmicheskogo processa v ochagovoj zone oshchutimogo zemletryaseniya v Krymu 12 aprelya 2009 g (The spatio-temporal properties of the seismic process in the focal zone of a significant earthquake in the Crimea on April 12, 2009). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2009 god, Sevastopol, NPC «EHKOSI-Gidrofizika», 2011, pp. 24–34 (in Russian).
6. Kamenobrodskij A. G., Pustovitenko B. G. Osobennosti gruppirovaniya zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona (Features of the grouping of earthquakes in the Crimean-Black Sea region). Izv. AN SSSR, Fizika Zemli, 1982, no. 11, pp. 25–32 (in Russian).
7. Sejsmologicheskij byulleten' (ezhedekadnyj) za 2014 god /Otv. red. O. E. Starovojt. Obninsk: GS RAN, 2014. [Ehlektronnyj resurs]. URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2014/ (accessed: 17.08.2019).
8. International Seismological Centre. On-Line Bulletin // International Seismological Centre. [Ehlektronnyj resurs]. URL: http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/2014/ (accessed: 17.08.2019).
9. Balakina L. A., Vvedenskaya A. V., Golubeva N. V., Misharina L. A., Shirokova E. I. Pole uprugih napryazhenij Zemli i mekhanizm ochagov zemletryasenij (The field of elastic stresses of the Earth and the mechanism of the centers of earthquakes). Moskow, Nauka, 1972, 198 p. (in Russian).
10. Pustovitenko B. G., Panteleeva T. A. Spektral'nye i ochagovye parametry zemletryasenij Kryma (Spectral and focal parameters of Crimea earthquakes), Kiev, Naukova dumka, 1990, 251 p. (in Russian).
11. Brune I. V. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // Journal Geophysical Research, 1970, Vol. 75, no. 26, pp. 4997–5009 (in English).
12. Aptekman Zh.Ya., Belavina Yu.F., Zaharova A.I., Zobin V.M., Kogan S.Ya., Korchagina O.A., Moskvina A.G., Polikarpova L.A., Chepkunas L.S. Spektry P-voln v zadache opredeleniya dinamicheskih parametrov ochagov zemletryasenij. Perekhod ot stancionnogo spektra k ochagovomu i raschet dinamicheskih parametrov ochaga (Spectra of P-waves in the problem of determining the dynamic parameters of earthquake sources. The transition from station to focal range and the calculation of dynamic source parameters). Vulkanologiya i sejsmologiya, 1989, no. 2, pp. 66–79 (in Russian).
13. Pustovitenko B. G., Ehredzhepov E. E. Spektral'nye i dinamicheskie parametry ochagov zemletryasenij Kryma 2014 goda (Spectral and dynamic parameters of the foci of 2014 Crimean

earthquakes). Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Seriya Geografiya, 2014, Vol. 27(66), no. 4, pp. 70–86 (in Russian).
14. Omori F. On aftershock of earthquakes. J. Coll. Sci. Univ. Tokyo, 1894, Vol. 7, pp. 111–200 (in English).
15. Utsu T., Ogata Y., Matsura R. S. The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity. J. Phys. Earth, 1995, Vol. 43, pp. 1–33 (in English).
16. Tatevosyan R. E., Aptekman ZH. YA. Etapy razvitiya aftershokovyh posledovatel'nostej sil'nejshih zemletryasenij Mira (Stages of development of aftershock sequences of the strongest earthquakes of the World). Fizika Zemli, 2008, no. 12, pp 3–23 (in Russian).
17. Pustovitenko B. G., Kul'chickij V. E., Aver'yanova V. I., Shebalin N. V. Osobennosti ochagovyh zon sil'nyh Krymskih zemletryasenij 11 sentyabrya i 26 iyulya 1927 goda (Features of the focal zones of the strong Crimean earthquakes of September 11 and July 26, 1927). Vopr. inzh. Sejsmologii, Vyp. 18, M., Nauka, 1976, pp. 103–114 (in Russian).
18. Pustovitenko B. G. Dinamicheskie parametry ochagov razrushitel'nyh krymskih zemletryasenij 1927 g. (The dynamic parameters of the centers of the devastating Crimean earthquakes of 1927). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2001 god, Sevastopol', NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2003, pp. 124–130 (in Russian).
19. Riznichenko Yu. V. Problemy sejsmologii (Seismology problems). M.: Nauka, 1985, 408 p. (in Russian).
20. Pustovitenko B. G., Lushchik A. V., Boborykina A. V., Kul'chickij V. E., Mozhzherina A. V., Nasonkin V. A., Pankov F. N., Porechnova E. N., Pustovitenko A. A., Tihonenkov E. P., Shvyrlo N. N. Monitoring sejsmicheskih processov v Krymsko-Chernomorskom regione (Monitoring of seismic processes in the Crimean-Black Sea region), Sevastopol, NPC «EHKOSI-Gidrofizika», 2014, 264 p. (in Russian).
21. Moskvina A. G. Issledovanie polej smeshchenij uprugih voln v zavisimosti ot harakteristik ochaga zemletryaseniya (Investigation of the displacement fields of elastic waves depending on the characteristics of the earthquake source). Izv.AN SSSR, Ser. Fizika Zemli, 1969, no. 9, pp. 3–16 (in Russian).
22. Pustovitenko B. G., Kul'chickij V. E., Borisenko L. S., Porechnova E. I. Obshchee sejsmicheskoe rajonirovanie territorii Kryma (OSR-98) (General seismic zoning of the territory of Crimea (OSR-98)). Geofizicheskij zhurnal, 1999, Vol. 21, no. 6, pp. 3–15 (in Russian).

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 169–182.

УДК 550.348.435

ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА В 1980–1982 ГОДАХ: РУЧНАЯ ОБРАБОТКА И РАСЧЕТ ПО АЛГОРИТМУ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ПРЯМЫХ ВОЛН

Костинский А. С.

Институт сейсмологии и геодинамики ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: kostinsky@yahoo.com

Для землетрясений Крыма 1980–1982 гг. года ручная обработка по данным крымских станций сопоставлена с результатами расчета в среде Maple времени в очаге, координат гипоцентра и скорости волн по алгоритму на основе аналитического решения уравнений прямых волн. В случае комплексного решения для глубины гипоцентра прямое использование аналитических выражений дополняется пошаговым поиском на равномерной сетке в окрестности 5-точки, образуемой совокупностью времен вступлений. Отмечено хорошее согласие восстановленных координат эпицентра и времени в очаге и возможность, по крайней мере для данного ряда наблюдений, получить разумную оценку глубины.
Ключевые слова: сейсмичность, сейсмическая станция, эпицентр, гипоцентр, время в очаге, уравнения прямых волн, аналитическое решение

ВВЕДЕНИЕ

В 80-х годах прошлого века обработка наблюдений на сейсмических станциях Крыма отличалась очень высоким качеством, уровень был задан Иннокентием Ивановичем Поповым. Кадры действительно решают все, обращаясь к благодарной стороне памяти, следует вспомнить Илью Борисовича Дубинского и Викторию Дмитриевну Уханову.

Примерно в это же время автор этих строк, столкнувшись с задачей восстановления координат точечного источника внутри Земли по временам пробега или временам вступлений на нескольких станциях, обнаружил, что программировать здесь, собственно, нечего, аналитическое решение задачи, старше которой, может быть, только евклидова геометрия, даже в предположении постоянной скорости распространения волн, отсутствует в литературе. Восполняющее пробел решение тогда было выписано в двух вариантах [1], исходя из известных времен пробега на четырех станциях, для чего требовалось знание времени в очаге, и, в более последовательной постановке, по заданным временам вступлений на пяти станциях. Соответствующую программу на языке ФОРТРАН пришлось "разбавить" полуэмпирическими соображениями, сколько-нибудь полный анализ поведения параметрического решения, содержащего определители четвертого и пятого порядков, был невозможен в обстановке, когда данные приходилось набивать на перфокартах, а программу печати графиков писать самим. Тем не менее, удалось внести некоторую ясность в вопрос о комплексном, вообще говоря, характере решения, получить даже общее представление о геометрии области вещественности в виде "выеденного яйца" [2].

В современных реалиях вычисление определителя любого порядка достигается с помощью встроенной функции, например, в пакете Maple, но это, несомненное,

продвижение вперед соседствует с осознанием, также несомненного, факта, именно, того, что с распространением повсеместной практики цифровой регистрации связаны очень большие потери в "сейсмологическом канале" информации об окружающем мире. Мы можем свидетельствовать, как словам "ручная обработка" постепенно возвращается их изначальный смысл и ценность, однако исходные данные о крымских и карпатских землетрясениях прошлого века сейчас можно найти только в стремительно ветшающих выпусках Сейсмологического бюллетеня, практически недоступных вне крымских станций. Представляется поэтому не только разумным, но и необходимым создать своего рода электронное хранилище решений задачи расчета координат гипоцентров, преимущественно землетрясений Крыма, где были бы упорядочены и объединены, с одной стороны, сведения о временах вступлений и ручной обработке, и с другой, – результаты расчета, в том числе времени в очаге, по пятеркам времен вступлений прямых волн, исходя из общего варианта аналитического решения [3].

1. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Нижеследующие таблицы представляют первый опыт в этом направлении, сопроводим их некоторыми пояснениями. Следуя [3], время в очаге t_0 как функция "истинных" (без учета ошибок измерения) времен вступлений t_m, $m=1,2,..,5$, есть

$$t_0 = \frac{d_t\left(t_1,t_2,..,t_5\right)}{2d\left(t_1,t_2,..,t_5\right)}, \tag{1}$$

символы d_t и d означают определители 5-го порядка

$$d\left(\xi_1,\xi_2,..,\xi_5\right) \equiv \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \xi_4 & \xi_5 \\ x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 \\ z_1 & z_2 & z_3 & z_4 & z_5 \end{vmatrix}, \tag{1$_1$}$$

$$d_t\left(\xi_1,\xi_2,..,\xi_5\right) \equiv \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \xi_1^2 & \xi_2^2 & \xi_3^2 & \xi_4^2 & \xi_5^2 \\ x_1 & x_2 & x_3 & x_4 & x_5 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 \\ z_1 & z_2 & z_3 & z_4 & z_5 \end{vmatrix}, \tag{1$_2$}$$

через x_m, y_m, z_m, $m=1,2,..,5$, обозначены декартовы координаты сейсмических станций. Начало координат помещено в центр Земли, точка $(0,0,R)$ совпадает с Северным полюсом, точка $(R,0,0)$ – с точкой пересечения нулевого меридиана и

экватора, здесь R – радиус Земли. Функции (1_1) и (2_1) могут, отвлеченно, рассматриваться на множестве точек $(\xi_1,\xi_2,..,\xi_5)$ пятимерного арифметического пространства, пространства пятерок вещественных чисел. Добавим еще, что функция (1) сохраняет возможность выбора начала отсчета времени, если времена вступлений смещаются на некоторую постоянную, время в очаге смещается на ту же постоянную.

Глубина гипоцентра и "эффективная" постоянная скорость волн восстанавливаются по временам вступлений, но в случае ненулевых ошибок наблюдений не всегда вещественны,

$$\frac{h}{R} = 1 - \alpha + \sqrt{\alpha^2 - 1}, \tag{2}$$

$$V^2 = \frac{2R|d|}{\sqrt{d_x^2 + d_y^2 + d_z^2}} \left(\alpha - \sqrt{\alpha^2 - 1}\right), \tag{3}$$

$$\alpha \equiv \frac{1}{4R|d|} \frac{d_t^2 + 4d_1 d}{\sqrt{d_x^2 + d_y^2 + d_z^2}}, \tag{4}$$

чисто математически условие вещественности означает $\alpha^2 - 1 \geq 0$. Вообще, в системе обозначений добавление к символу d нижнего индекса 1, x, y, z, t означает замену в нем соответственно каждого из элементов 1_n, x_n, y_n, z_n, t_n на t_n^2 (n – номер столбца), подробности в статье автора [3].

Как поступать, если глубина источника получается комплексной? Пятерка исходных времен вступлений, или 5-точка арифметического пространства, превращается в центр некоторого 5-куба, смещенного относительно начала координат, если мы принимаем, что времена вступлений измерены с ошибкой (в данном случае принята равной 0.2 *c*). Тогда с неизбежностью следует признать, что все точки 5-куба для нас одинаково ценны (но, может быть, не эквивалентны) в смысле информации о координатах источника. Не будем делать упрощающих предположений о распределении ошибок в пределах 5-куба, просто устроим пошаговый поиск на достаточно мелкой сетке с проверкой вещественности глубины в каждом узле сетки. Может случиться, что, хотя в центре куба значение глубины комплексное, найдется хотя бы небольшое число внутренних точек куба с вещественным значением (заметим, что, очевидно, вещественное значение глубины в центре не гарантирует вещественности во всех точках куба). Возможно, что таким способом получается некоторая оценка глубины (предпоследняя строка таблиц, минимальное и максимальное значения в круглых скобках, то есть интервал, в ситуации комплексного значения в центре). Только слово "комплексное" в строке означает, что в 5-кубе нет точек с вещественными значениями h, V. Если

вещественное значение в центре существует, приводится просто тройка чисел, означающая последовательность:

минимум в 5-кубе, значение в центре 5-куба, максимум в 5-кубе,

аналогично и для постоянной скорости волн. В таблицах можно встретить значения вроде $h = 0.14$ *км*, но, если вспомнить, что алгоритм основан на модели источника в виде геометрической точки и представлении об однородном изотропном полупространстве, все становится на свои места. Вообще, не отбрасываются и не "замалчиваются" никакие значения, все полученные в расчетах оценки без исключения перенесены в таблицы.

Обозначения традиционны для прежних выпусков Сейсмологического бюллетеня [4, 5], рассчитанные значения t_0, φ, λ в каждой строке приводятся в последовательности:

разность минимального значения в 5-кубе и значения в центре 5-куба,

значение в центре 5-куба,

разность максимального значения в 5-кубе и значения в центре 5-куба.

Таблица 1.

Времена вступлений, ручная обработка и результаты расчета по алгоритму аналитического решения уравнений прямых волн
(секунды времени вступления и секунды времени t_0 добавляются к $(t_0)_{hm}$)

	прямые волны *P*	прямые волны *S*
1	2	3
Событие 1(1) 04.01.1980, φ=**44°.56 N,** λ=**34°.5 E,** h = **20** ***км*****,** t_0 = **$14^h\,13^m\,10.5^s$ по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= $14^h\,13^m$**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	21.4 *ePg*	28.5 *iSg*
Ялт	18.0 *ePg*	22.5 *iSg*
Алш	15.4 *iPg*	18.7 *iSg*
Свс	23.0 *iPg*	31.3 *eSg*
Фдс	27.3 *iPg*	38.6 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0	- 1.59 15.0 + 0.92	- 2.02 16.88 + 1.27
φ, *град*	- 0.02 44.57 N + 0.02	- 0.01 44.57 N + 0.01
λ, *град*	- 0.04 34.43 E + 0.04	- 0.02 34.44 E + 0.03
h, км	комплексное, в 5-кубе (0.61, 6.67)	комплексное, в 5-кубе (0.30, 7.93)
V, км/с	комплексное, в 5-кубе (6.36, 6.62)	комплексное, в 5-кубе (3.75, 3.93)

Продолжение таблицы 1.

Событие 2(2) 04.01.1980, Черное море, φ=44⁰.58 N, λ=34⁰.5 E, *h* = 20 *км*, t_0 = 14ʰ 19ᵐ 56.7ˢ по годографу, $(t_0)_{hm}$ = 14ʰ 20ᵐ		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	07.0 *ePg*	14.3 *iSg*
Ялт	03.8 *ePg*	08.2 *iSg*
Алш	01.3 *iPg*	04.4 *iSg*
Свс	09.1 *iPg*	17.7 *eSg*
Фдс	12.8 *iPg*	23.9 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0	-2.92 - 0.41 + 1.32	-3.155 0.515 + 1.86
φ, *град*	- 0.02 44.59 N + 0.02	- 0.01 44.57 N + 0.01
λ, *град*	- 0.04 34.47 E + 0.04	- 0.02 34.49 E + 0.02
h, *км*	комплексное, в 5-кубе (0.14, 22.81)	0.07 3.34 18.64
V, *км/с*	комплексное, в 5-кубе (5.47, 6.96)	3.32 3.73 3.88
Событие 3(6) 04.01.1980, Черное море, φ=44⁰.55 N, λ=34⁰.53 E, *h* = 20 *км*, t_0 = 22ʰ 48ᵐ 31.0ˢ по годографу, $(t_0)_{hm}$ = 22ʰ 48ᵐ		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф		48.4 *eSg*
Ялт		42.2 *iSg*
Алш		38.6 *iSg*
Свс		51.7 *eSg*
Фдс		57.0 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0		- 3.66 34.19 + 2.06
φ, *град*		- 0.02 44.56 N + 0.01
λ, *град*		- 0.02 34.51 E + 0.02
h, *км*		0.27 3.13 21.13
V, *км/с*		3.31 3.78 3.94
Событие 4(26) 18.03.1980, Черное море, φ=44⁰.61 N, λ=34⁰.96 E, *h* = 25 *км*, t_0 = 17ʰ 02ᵐ 21.1ˢ по годографу, $(t_0)_{hm}$ = 17ʰ 02ᵐ		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	34.3 *ePg*	44.3 *iSg*
Ялт	33.4 *ePg*	42.2 *iSg*
Алш	29.8 *ePg*	36.3 *iSg*
Свс	38.1 *ePg*	50.7 *eSg*
Фдс	31.8 *iPg*	39.5 *iSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	

Продолжение таблицы 1.

секунды времени t_0	-3.844 26.32 + 1.80	-3.83 29.08 + 2.40
φ, *град*	- 0.04 44.66 N + 0.04	- 0.02 44.64 N + 0.02
λ, *град*	- 0.03 34.93 E + 0.04	- 0.02 34.95 E + 0.02
h, км	комплексное, в 5-кубе (0.48, 26.41)	комплексное, в 5-кубе (0.64, 10.82)
V, км/с	комплексное, в 5-кубе (6.45, 7.21)	комплексное, в 5-кубе (3.94, 4.01)
Событие 5(27) 18.03.1980, Черное море, φ=**44⁰.63 N,** λ=**34⁰.95 E,** h = **25 *км*,** t_0 = **19ʰ 36ᵐ 07.5ˢ по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 19ʰ 36ᵐ**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	19.6 *iPg*	29.2 *iSg*
Ялт	18.7 *ePg*	27.7 *iSg*
Алш	15.1 *iPg*	21.5 *iSg*
Свс	23.4 *iPg*	36.7 *eSg*
Фдс	16.2 *Pgi*	24.0 *iSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0	- 3.96 11.55 + 1.83	- 5.43 11.33 + 3.23
φ, *град*	- 0.04 44.66 N + 0.04	- 0.02 44.67 N + 0.02
λ, *град*	- 0.04 34.97 E + 0.04	- 0.02 34.94 E + 0.02
h, км	комплексное, в 5-кубе (1.51, 23.83)	комплексное, в 5-кубе (0.45, 32.98)
V, км/с	комплексное, в 5-кубе (6.58, 7.15)	комплексное, в 5-кубе (3.42, 3.93)
Событие 6(29) 18.03.1980, Черное море, φ=**44⁰.7 N,** λ=**34⁰.9 E,** h = **20 км,** t_0 = **20ʰ 31ᵐ 29ˢ по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 20ʰ 31ᵐ**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	40.7 *ePg*	50.6 *eSg*
Ялт	40.5 *ePg*	49.5 *eSg*
Алш	36.4 *ePg*	42.6 *iSg*
Свс	44.8 *ePg*	58.3 *eSg*
Фдс	38.2 *ePg*	46.1 *iSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0	- 2.44 34.09 + 1.32	- 3.41 35.22 + 2.27
φ, *град*	- 0.04 44.72 N + 0.03	- 0.02 44.69 N + 0.02
λ, *град*	- 0.03 34.91 E + 0.04	- 0.02 34.92 E + 0.02
h, км	комплексное	комплексное, в 5-кубе (2.34, 6.74)
V, км/с	комплексное	комплексное, в 5-кубе (3.70, 3.72)
Событие 7(31) 18.03.1980, Черное море, φ=**44⁰.7 N,** λ=**35⁰.0 E,** h = **20 *км*,** t_0 = **22ʰ 58ᵐ 03.0ˢ по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 22ʰ 58ᵐ**		

Продолжение таблицы 1.

	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	16.5 *ePg*	26.0 *eSg*
Ялт	15.8 *ePg*	24.9 *eSg*
Алш	12.2 *iPg*	18.7 *iSg*
Свс	20.7 *ePg*	33.7 *eSg*
Фдс	13.1 *ePg*	20.7 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0	- 5.85 7.30 + 2.41	- 5.87 8.13 + 3.41
φ, *град*	- 0.04 44.68 N + 0.03	- 0.02 44.69 N + 0.02
λ, *град*	- 0.04 34.97 E + 0.04	- 0.02 34.95 E + 0.02
h, км	комплексное, в 5-кубе (1.54, 44.14)	комплексное, в 5-кубе (0.28, 36.84)
V, км/с	комплексное, в 5-кубе (5.75, 7.19)	комплексное, в 5-кубе (3.40, 4.01)
Событие 8(36)* 17.05.1980, Черное море, φ=**44^0.22 N,** λ=**34^0.43 E,** h = **5 *км*,** t_0 = **22^h 07^m 54.0^s по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 22^h 08^m**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	6.2 *ePg*	17.8 *eSg*
Ялт	- 0.5 *iPg*	04.1 *iSg*
Алш	1.5 *iPg*	08.0 *iSg*
Свс	4.4 *iPg*	13.3 *iSg*
Фдс	12.8 *ePg*	27.7 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0	**- 10.93** -5.17 + 2.73	**- 12.34** -10.10 + **5.42**
φ, *град*	- 0.09 44.36 N + 0.07	- 0.05 44.23 N + 0.04
λ, *град*	- 0.05 34.34 E + 0.08	- 0.03 34.43 E + 0.04
h, км	0.14 20.96 **63.68**	0.79 27.18 **56.27**
V, км/с	4.45 6.28 7.15	2.59 3.16 3.53
Событие 9(44) 26.07.1980, Черное море, φ=**44^0.39 N,** λ=**34^0.35 E,** h = **22 *км*,** t_0 = **00^h 19^m 27.5^s по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 00^h 19^m**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	40.1 *iPg*	48.6 *iSg*
Ялт	33.0 *iPg*	36.8 *iSg*
Алш	35.2 *iPg*	40.5 *iSg*
Свс	38.2 *iPg*	45.6 *eSg*
Фдс	47.5 *ePg*	61.2 *iSg*

Продолжение таблицы 1.

	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0	- 8.30 28.42 + 2.56	- 4.96 29.95 + 2.67
φ, *град*	- 0.08 44.37 N + 0.06	- 0.04 44.39 N + 0.04
λ, *град*	- 0.05 34.32 E + 0.07	- 0.03 34.31 E + 0.03
h, км	0.93 20.22 52.78	8.11 18.20 32.07
V, км/с	4.50 5.90 6.68	3.18 3.58 3.87
Событие 10(49) 28.07.1980, Черное море, φ=44⁰.4 N, λ=34⁰.3 E, h = **24 *км*,** t_0 = **05ʰ 16ᵐ 22.7ˢ по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 05ʰ 16ᵐ**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф	35.5 *iPg*	43.8 *iSg*
Ялт	28.1 *iPg*	31.6 *iSg*
Алш	30.2 *iPg*	35.3 *iSg*
Свс	33.6 *iPg*	40.8 *eSg*
Фдс	43.5 *ePg*	57.3 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0	- 12.43 22.26 + 3.23	- 5.40 24.05 + 2.89
φ, *град*	- 0.08 44.38 N + 0.06	- 0.04 44.40 N + 0.03
λ, *град*	- 0.05 34.33 E + 0.07	- 0.03 34.31 E + 0.03
h, км	7.34 25.01 64.88	10.23 19.84 33.65
V, км/с	3.80 5.30 6.12	2.97 3.35 3.63
Событие 11(13) 01.04.1981, Крым, φ=44⁰.76 N, λ=34⁰.31 E, h = **20 *км*,** t_0 = **16ʰ 33ᵐ 33.4ˢ по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 16ʰ 33ᵐ**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф		43.6 *iSg*
Ялт		46.1 *iSg*
Алш		40.9 *iSg*
Свс		52.1 *eSg*
Фдс		59.4 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0		- 8.81 32.92 + 3.60
φ, *град*		- 0.01 44.78 N + 0.01
λ, *град*		- 0.02 34.36 E + 0.02
h, км		10.77 24.15 44.10
V, км/с		2.69 3.36 3.85

Продолжение таблицы 1.

Событие 12(44) 13.09.1981, Черное море, φ=**44^0.56 N,** λ=**34^0.52 E,** h = **11-20** t_0 = **07^h 46^m 13.3^s по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 07^h 46^m**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф		31.8 *eSg*
Ялт		24.1 *eSg*
Алш		19.2 *eSg*
Свс		34.8 *eSg*
Фдс		39.4 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0		- 0.64 17.44 + 1.17
φ, *град*		- 0.02 44.52 N + 0.01
λ, *град*		- 0.02 34.55 E + 0.02
h, км		комплексное
V, км/с		комплексное
Событие 13(81) 09.12.1981, Черное море,** φ=**44^0.54 N,** λ=**34^0.60 E,** h = **15 *км*,** t_0 = **03^h 24^m 03.7^s по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 03^h 24^m**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф		21.9 *eSg*
Ялт		15.9 *eSg*
Алш		12.2 *iSg*
Свс		26.6 *eSg*
Фдс		31.1 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0		**-10.40** 0.64 + 4.65
φ, *град*		- 0.02 44.57 N + 0.01
λ, *град*		- 0.02 34.55 E + 0.02
h, км		15.32 28.62 **48.43**
V, км/с		2.34 2.88 3.30
Событие 14(1) 07.01.1982, Черное море, φ=**44^0.55 N,** λ=**34^0.55 E,** h = **15 *км*,** t_0 = **04^h 55^m 34.7^s по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 04^h 55^m**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф		52.1 *eSg*
Ялт		46.7 *iSg*
Алш		41.8 *eSg*
Свс		56.3 *eSg*

Продолжение таблицы 1.

Фдс		62.6^{s} *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0		- 2.21 38.55 + 1.48
φ, *град*		- 0.01 44.60 N + 0.01
λ, *град*		- 0.02 34.48 E + 0.02
h, км		0.08 3.34 14.24
V, км/с		3.28 3.58 3.71
Событие 15(4) 15.01.1982, Черное море, φ=**44^{0}.52 N,** λ=**34^{0}.47 E,** h = **15 *км*,** t_0 = **13^{h} 01^{m} 58.7^{s} по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 13^{h} 02^{m}**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф		14.7 *eSg*
Ялт		07.0 *iSg*
Алш		04.9 *iSg*
Свс		16.7 *iSg*
Фдс		28.6 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0		- 4.78 2.81 + 1.93
φ, *град*		- 0.02 44.57 N + 0.01
λ, *град*		- 0.04 34.34 E + 0.05
h, км		комплексное, в 5-кубе (0.11, 17.58)
V, км/с		комплексное, в 5-кубе (3.14, 3.56)
Событие 16(7) 15.02.1982, Крым, φ=**44^{0}.76 N,** λ=**34^{0}.25 E,** h = **10 *км*,** t_0 = **14^{h} 00^{m} 25.9^{s} по годографу,** $(t_0)_{hm}$ **= 14^{h} 00^{m}**		
	секунды времени вступления, фаза	*секунды времени вступления, фаза*
Смф		35.1 *iSg*
Ялт		36.6 *iSg*
Алш		31.4 *iSg*
Свс		42.9 *eSg*
Фдс		53.0 *eSg*
	расчет по алгоритму аналитического решения	
секунды времени t_0		- 4.87 25.90 + 2.46
φ, *град*		- 0.01 44.75 N + 0.01
λ, *град*		- 0.02 34.31 E + 0.03
h, км		0.40 15.37 29.33

Продолжение таблицы 1.

V, км/с		2.91 3.37 3.71

* – 8(36) дает пример сейсмического события, в максимальной степени демонстрирующего неустойчивость функции t_0: при изменении времени вступления на станции Симферополь на $22^h\ 08^m\ 07.2^s$ ошибки в определении времени в очаге достигают 13700 с.

** – 13(81) дает еще один пример сейсмического события, демонстрирующего неустойчивость функции t_0: при изменении времени вступления на станции Ялта на $03^h\ 24^m\ 14.9^s$ ошибки в определении времени в очаге достигают 52000 *с.*

ВЫВОДЫ

По итогам 1980–1982 гг. наблюдается небольшое число, именно 16, землетрясений региона Черного моря, для которых можно сформировать пятерки времен вступлений прямых волн на крымских станциях. Уже беглый взгляд на результаты расчетов показывает очень хорошую согласованность определения эпицентра, во-первых, с результатами ручной обработки способами засечек, Вадати, и палеток изохрон, каковые способы ныне, казалось бы, должны казаться архаическими. Во-вторых, координаты эпицентра, рассчитанные для сейсмического события отдельно по *P*- и отдельно по *S*-волнам, в тех случаях, когда такое возможно, явно не обнаруживают хаотического разброса. Все это иллюстрирует известный опыт практических сейсмологов, мысль о том, что "эпицентр всегда определяется хорошо", только здесь "хорошо" имеет строгую количественную оценку, не зависящую от личности обработчика. Что касается глубины гипоцентра, то, действительно, путем пошагового поиска в 5-кубе ошибок почти всегда получается некоторая оценка глубины (2 ситуации с полностью комплексным решением). Глубина неустойчива относительно ошибок, это, в том числе, и опыт докомпьютерной сейсмологии, но алгоритм на основе аналитического решения, пусть и в слишком упрощающем предположении постоянной скорости волн, уникален в том смысле, что позволяет обратить внимание еще на один аспект проблемы. Именно, предположим, что арифметическое 5-пространство, в точках которого определены, например, функции (1_1) и (1_2), наделено евклидовой метрикой и вложено в евклидово 6-пространство, образуемое как прямое произведение на вещественную ось значений переменной z (не должно возникнуть путаницы с обозначением соответствующей координаты гипоцентра). Функция (1) существует при любых значениях аргументов, уравнение

$$z = \frac{d_t\left(\xi_1,\xi_2,..,\xi_5\right)}{2d\left(\xi_1,\xi_2,..,\xi_5\right)}, \qquad (5)$$

определяет 5-гиперповерхность во вмещающем пространстве, со своей внутренней геометрией, инвариантной относительно изгибания. С помощью инструментария римановой геометрии перед нами разворачивается картина свойств кривизны, свойства, описываемые соответствующим тензором Римана, его инвариантами, меняются в зависимости от текущей точки $\left(\xi_1,\xi_2,..,\xi_5\right)$. Для сейсмологических

приложений это дает "внутренний", "изнутри" совокупности 6-точек $(\xi_1, \xi_2, .., \xi_5, z)$, ответ на вопрос, насколько большие изменения произойдут с функцией (1), если "слегка" изменить одно или сразу несколько времен вступлений. Сложность в том, что мы имеем дело с многомерным пространством и неверно было бы иметь перед глазами образ двумерной поверхности-пленки, гладкость, или, напротив, "вздыбленность" которой определяется двумя главными кривизнами и их произведением, гауссовой кривизной. Тензор Римана 5-пространства имеет 625 компонент, из них 50 существенных (независимых), в общем случае кривизна 5-пространства в каждой точке определяется 40 величинами [6]. Именно в попадании 5-точки времен вступлений в область резкого возрастания одного из инвариантов кривизны, может крыться причина аномально больших отклонений времени в очаге и глубины (таблица 8, 13, отклонения выделены полужирным шрифтом).

Список литературы

1. Костинский А. С., Поречнова Е. И., Пустовитенко Б. Г. Определение координат гипоцентров на основе аналитического решения прямых волн // Применение ЭВМ в сейсмологической практике: методические работы ЕССН. М.: Наука, 1985. С. 5–23.
2. Костинский А. С. Исследование аналитического решения прямых волн в связи с задачей расчета координат гипоцентра. Область вещественности решения // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР за 1987 г. Киев: Наукова думка, 1992. С. 147–159.
3. Kostinsky A. S. On the effectiveness of the system of five seismic stations // Modern Science. 2018. no. 07, pp. 12–22.
4. Свидлова В. А., Горячун А. В. (составители). Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1980.г. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты, 1980 г.). Киев: Наукова думка, 1984. С. 5–40.
5. Свидлова В. А. (составитель). Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1981, 1982 гг. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты, 1981–1982 гг.). Киев: Наукова думка, 1985. С. 7–121.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория поля. М.: Наука, 1973. С. 335–337.

CRIMEA EARTHQUAKES PARAMETERS IN 1980-1982: MANUAL PROCESSING AND CALCULATION BY ALGORITHM BASED ON ANALYTICAL SOLUTION OF EQUATIONS OF DIRECT WAVES

Kostinsky A. S.

Institute of seismology and geodynamics FSAEI HE «Of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Simferopol, Republic of Crimea, Russia

E-mail: kostinsky@yahoo.com

For Crimea earthquakes in 1980-1982, manual processing according to the data of Crimean stations is compared with the results of calculation of focal time, hypocenter coordinates and wave velocity in the Maple environment, by algorithm based on analytical solution of equations of direct waves. The solution is not always real, in situation of complex depth of hypocenter the direct use of analytical expressions is complemented by

a step-by-step search on a uniform grid in the neighborhood of the 5-point formed by the set of arrival times. The quintuple of given times of arrivals, or the 5-point of arithmetical space, turns into the center of some 5-cube, shifted relative to the origin, if we assume that the times of arrivals are measured with an error (in this case, assumed to be 0.2 s). Then, inevitably, it should be recognized that all points of the 5-cube are equally valuable to us (but maybe not equivalent) in the sense of information about the coordinates of the seismic source. No simplifying assumptions are made about the distribution of errors within the 5-cube, just a step-by-step search is performed on a sufficiently detailed grid with test of reality of depth at each node of the grid, modern speed parameters fully allow this. It may happen that, although the depth value is complex in the center of the cube, there is at least a small number of internal points of the cube with a real value (obviously, the real value of the depth in the center does not guarantee reality at all points of the cube). For Crimean earthquakes, in most cases in this way some estimate of the depth and velocity of the waves is obtained (2 situations with fully complex solution). Good agreement is noted in the calculations of the coordinates of the epicenter and time of arrival, on the one hand, for P- and S-waves, and, on the other hand, for different quintuples of stations (in the case of adding of observational data of Sochi station).

The calculations show, among other things, the instability of depth relative to errors, in accordance with the experience of pre-computer seismology, but the algorithm based on the analytical solution, albeit in an oversimplifying assumption of a constant wave velocity, is unique in the sense that it allows one to pay attention to one more aspect of the problem. Namely, suppose that some instance of arithmetic 5-space is endowed with a Euclidean metric and is embedded in Euclidean 6-space formed as a direct product to the real axis of the values of some variable z (there should be no confusion with the designation of the corresponding hypocenter coordinate). Analytical dependencies on arrival times of focal time, hypocenter coordinates, etc. define 5-hypersurfaces in the enclosing space, with its internal geometry invariant with respect to bending. With the aid of well-known toolkit of Riemannian geometry a picture of the properties of curvature unfolds before us, the properties described by the corresponding Riemann tensor, its invariants, vary depending on the current point. For seismological applications, this gives an “internal”, hidden in the dependencies, answer to the question of how large changes will occur with the function, for example, focal time, if one or several arrival times are “slightly” changed. The difficulty is that we are dealing with multidimensional space and it would be wrong to have before eyes an image of two-dimensional surface-film, the smoothness, or, conversely, ”hilliness” of which is determined by two principal curvatures and their product, the Gaussian curvature. The set of singular points, lines, and subspaces generated by the analytical calculation of the parameters of seismic events needs to be studied by purely geometric methods; if the 5-point of the arrival times falls into the region of sharp increase in one of the curvature invariants, in that the reason for the abnormally large deviations of focal time and depth may lie (tables 8,13, deviations are shown in bold).

Keywords: seismicity, seismic station, epicenter, hypocenter, focal time, equations of direct waves, analytical solution.

References

1. Kostinsky A. S., Porechnova E. I., Pustovitenko B. G. Opredelenie koordinat gipocentrov na osnove analiticheskogo resheniya pryamyh voln (Determination of the coordinates of hypocenters based on the analytical solution of direct waves). Primenenie EVM v sejsmologicheskoj praktike: metodicheskie raboty ESSN (The use of computers in seismological practice: methodological work of the ESSN). M., Nauka, 1985, pp. 5–23 (in Russian).
2. Kostinsky A. S. Issledovanie analiticheskogo resheniya pryamyh voln v svyazi s zadachej rascheta koordinat gipocentra. Oblast' veshchestvennosti resheniya (The study of the analytical solution of direct waves in connection with the task of calculating the coordinates of the hypocenter. The realm of solutions). Sejsmologicheskij byulleten' Zapadnoj territorial'noj zony ESSN SSSR za 1987 g, Kiev, Naukova dumka, 1992, pp. 147–159 (in Russian).
3. Kostinsky A. S. On the effectiveness of the system of five seismic stations. Modern Science, 2018, no. 07, pp. 12–22.
4. Svidlova V. A., Goryachun A. V. (sostaviteli). Katalog i podrobnye dannye o zemletryaseniyah Krymsko-Chernomorskogo regiona za 1980 g. (Catalog and detailed data on earthquakes of the Crimean-Black Sea region for 1980). Sejsmologicheskij byulleten' Zapadnoj territorial'noj zony ESSN SSSR (Krym-Karpaty, 1980 g.), Kiev, Naukova dumka, 1984, pp. 5–40 (in Russian).
5. Svidlova V. A. (sostavitel'). Katalog i podrobnye dannye o zemletryaseniyah Krymsko-Chernomorskogo regiona za 1981, 1982 gg. (Catalog and detailed data on earthquakes of the Crimean-Black Sea region for 1981, 1982). Sejsmologicheskij byulleten' Zapadnoj territorial'noj zony ESSN SSSR (Krym-Karpaty, 1981–1982 gg.), Kiev, Naukova dumka, 1985, pp. 7–121 (in Russian).
6. Landau L. D., Lifshic E. M. Teoriya polya. (Field theory), M., Nauka, 1973, pp. 335–337 (in Russ.).

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 183–198.

УДК.550. 344.37

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СЕЙСМОПРОГНОСТИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА

Бурым Ю. А., Иванов В. А., Самсонов К. А., Троян В. В.

ГАУ РК «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, Республика Крым
E-mail: seismoexpert@gmail.com

Проведен анализ состояния существовавшей в Крыму с 80-х годов прошлого столетия сейсмопрогностической сети, намечены основные задачи по ее восстановлению и модернизации. Приведены первые результаты приборного переоснащения. Сеть мониторинга сейсмической обстановки находится в рабочем и модернизированном состоянии. Для развития методики прогноза землетрясений возобновлена работа магнитовариационной станции. Результаты спутниковых наблюдений могут дать дополнительные признаки в комплексе рассматриваемых предвестников землетрясений.
Ключевые слова: Сейсмичность, мониторинг, предвестник, гидрогеология.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема прогноза землетрясений остается актуальной для территории Республики Крым, где существует высокая сейсмическая опасность наряду с высокой плотностью населения, особенно в местах отдыха жителей многих государств на южном побережье Крыма. В настоящее время ГАУ РК «КЭС» проводит работы по восстановлению и модернизации сейсмопрогностической сети, которая совместно с сетью сейсмических станций необходима для контроля за динамикой развития сейсмической обстановки в регионе. Работы ведутся с учетом современных технических возможностей по получению и передаче данных. Гидрогеологические наблюдения дополняются регистрацией геомагнитных вариаций вблизи сейсмогенных зон, а также данными спутниковых технологий, доступных в интернет-сети. Все это повышает достоверность полученных результатов и позволяет надеяться на возможность оперативного прогноза землетрясений на территории Республики Крым. В статье рассмотрены первые результаты по совершенствованию системы мониторинга в Крыму с применением комплекса методов.

1. ИСТОРИЯ МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ КРЫМА

Работы по организации сейсмопрогностического мониторинга начались в Крыму еще в 80-х годах прошлого столетия под общим методическим руководством институтов ВСЕГИНГЕО МинГЕО СССР и Физики Земли АН СССР. Непосредственными исполнителями были Институт минеральных ресурсов (ИМР г. Симферополь) и Институт геофизики АН УССР (г. Киев) [1]. Было проведено

обобщение всей имеющейся и полученной в процессе работы информации о тектонических и сейсмических процессах на территории, проанализировано их проявление в гидрогеодинамических, геохимических и геофизических явлениях на существующих и заново пробуренных скважинах и источниках воды. Сделан выбор параметров воды, которые целесообразно отслеживать, выбраны места для проведения мониторинга. Таким образом, с целью выявления предвестников землетрясений была создана сеть из 10 гидропунктов (далее г/п), месторасположение и основные параметры которых приведены в таблице 1 [1, с. 166–168].

В целом, работа сети доказала свою эффективность. За более чем 20 лет работы сети отмечено несколько случаев удачного прогноза по комплексу выявленных предвестников, в том числе в 1990 году было сделано донесение правительству СССР о приближающемся землетрясении в акватории, прилегающей к г. Судак. Впоследствии там действительно произошло три ощутимых землетрясения с общей выделившейся энергией $E=6\cdot10^{12}$ *Дж* [1].

Таблица 1.

Перечень сейсмогидрогеологических пунктов

№ п/п	Название и месторасположение	Координаты		Тип, возраст, водовмещающие породы	Вид наблюдений
		φ°	λ°		
1	2	3	4	5	6
1	«Суворовка» Бахчисарайский район	44.73	33.62	Напорный среднемиоценовый известняк, песок	За уровнем подземных вод
2	«Красные пещеры», Симферопольский район	44.86	34.33	Напорный-самоизлив, верхнеюрский, трещиноватые и прокарстованные известняки	Минерализация, хлориды, раств. Не, pH, eH, расход воды
3	«Евпатория», грязелечебница «Мойнаки»	45.19	33.33	Напорный, палеозойский, скальные – метаморфизированные	Минерализация, хлориды, pH, eH
4	«Саки», Санаторий им. Ленина	45.12	33.59	Напорный, неокомский, песчаники	Хлориды, pH, eH, расход воды
5	«Знаменка» Красногвардейский район	45,55	34,33	Напорный, среднемиоценовый известняк, песок	За уровнем подземных вод
6	«Отважное» Кировский район	45,05	35,22	Напорный, юрский, трещиноватые и прокарстованные известняки	За уровнем подземных вод

Продолжение таблицы 1.

7	«Сольпром» юг Арабатской стрелки	45,33	35,42	Напорный, понт-мэотический, известняки	За уровнем подземных вод
8	«Щелкино» пгт. Щелкино	45,4	35,82	Напорный, мэотический, трещиноватые известняки, песчаники, алевролиты	За уровнем подземных вод
9	«Симферополь» Территория б-цы им. Семашко	44,95	34,12	Напорный самоизлив., неокомский, конгломераты	Раств. Не, eH, pH
10	«Черные воды», территория грязелечебницы	44,6	33,87	Напорный-самоизлив., триас-юрский, таврический флиш	Раств. Не, eH, pH

На рисунке 1 приведен пример резкого повышения уровня подземных вод (УПВ) на пункте «Красные пещеры» за 2 суток перед серией относительно слабых землетрясений (далее ЗТ) с энергетическим классом $K_П$=6–8, произошедших в районе горы Демерджи (Алуштинский район) в ноябре 2011 г. на расстоянии 16–17 *км* от гидропункта [1]. В монографии [1] также приведены примеры аномального поведения гидрохимических параметров и УПВ, зафиксированные на других скважинах.

К недостаткам сети того времени следует отнести: отсутствие оперативного доступа к результатам, ограниченность арсенала технических средств для организации непрерывного мониторинга, необходимость «оцифровки» полученных данных для последующей математической обработки и несовершенство методики интерпретации и обработки результатов. Например, измерения окислительно-восстановительного потенциала (eH) производились 1 раз в сутки взятием пробы воды с последующей транспортировкой и сдачей в лабораторию.

Результаты измерения УПВ на начальном этапе получались на лентах самописцев и отправлялись для оцифровки и анализа по почте. Оперативные предвестники, если таковые и были, могли бы быть обнаружены лишь ретроспективно, т. е. краткосрочный прогноз был затруднен. Очевидно, что все это приводило к неоправданному перерасходу ресурсов при малой статистике землетрясений и, как следствие, снижению энтузиазма исследователей и внимания органов власти. К тому же, вследствие ухудшения экономической ситуации сеть постепенно приходила в упадок. К 2014 году действующими оставались лишь 2 гидропункта: «Отважное» и «Суворовка», а к 2016 году – только «Отважное».

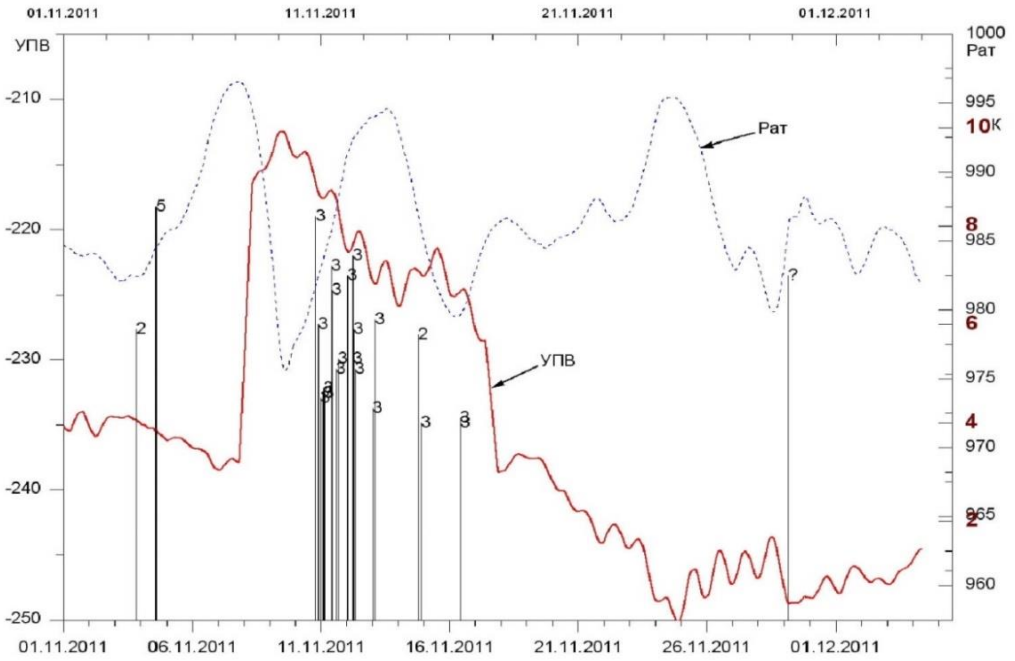


Рис. 1. Вариации уровня подземных вод (УПВ) и атмосферного давления на г/п «Красные пещеры» в ноябре 2011 г. [1, с.221]. Вертикальными линиями обозначены моменты землетрясений. Высота линии соответствует энергетическому классу $K_П$ по правой дополнительной шкале, а цифра сверху – району землетрясения. Здесь цифра 3 – Алуштинский сейсмический район по принятой в Крыму классификации.

Наиболее важным результатом этих работ является установленная информативность и зафиксированные вариации параметров, могущие являться предвестниками местных землетрясений и землетрясений ближней зоны.

За последние десятилетия наукой были достигнуты качественно новые возможности получения и передачи данных с помощью микропроцессоров, цифровых технологий, интернета и мобильной связи. В настоящее время в интернет-сети появились многочисленные ресурсы, позволяющие анализировать крупномасштабные процессы сейсмической активности по данным спутниковых наблюдений за многими параметрами ионосферы, атмосферы и земной поверхности.

2. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ СЕТИ НА НОВОМ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМ УРОВНЕ

2.1. Восстановление работы гидропунктов

В 2016 году в ГАУ РК «КЭС» начаты подготовительные работы по восстановлению прогностической сети на новом научно-техническом уровне. Была

проведена инвентаризация состояния наблюдательной сети, по результатам которой с учетом полученных данных прошлых лет все гидропункты были разделены на 3 категории:

1. Наиболее информативные в смысле прогноза, а также те, восстановление которых и организация наблюдений не требует большого количества времени и средств: «Отважное», «Суворовка», «Симферополь».
2. Не менее эффективные гидропункты, организация наблюдений на которых требует решения правовых, кадровых, организационных вопросов, а также значительных материальных затрат: «Красные пещеры», «Сольпром», «Щелкино», «Черные воды» (колодец).
3. Гидропункты, скважины, на которых пришли в негодность, или второстепенные в смысле информативности: «Знаменка», «Черные воды», «Саки», «Евпатория».

Таким образом, была определена очередность проведения восстановления и модернизации сети.

С другой стороны, все гидропункты делятся на скважины, в которых установившийся уровень подземных вод (далее – УПВ) находится ниже уровня свободной поверхности, и на те, где скважины изливаются. В первом случае главным исследуемым параметром мониторинга является корреляционная связь между УПВ и атмосферным давлением ($P_{атм}$), во втором – геохимические свойства воды.

В 2017–2019 гг. были запланированы и выполнены следующие мероприятия:

1. Организация оперативного доступа к результатам наблюдений на г/п «Отважное» с помощью мобильного интернета. Скважина оборудована микропроцессорным магнитострикционным уровнемером, сконструированным и изготовленным сотрудниками уже не существующего ИМР. Для модернизации наблюдений были проведены профилактические, технические работы, сделан ремонт помещения, организована связь по мобильному интернету 1 раз в сутки со считыванием результатов. Необходимо отметить, что на г/п «Отважное» наблюдается наибольшая чувствительность изменения уровня воды к изменениям атмосферного давления и другим факторам. В настоящее время – это действующий пункт оперативного мониторинга. На Рис. 2 приведен пример обнаруженного ретроспективно нарушения корреляционной зависимости между УПВ и $P_{атм}$ на г/п «Отважное», произошедшими примерно за 5 дней до ощутимого землетрясения 16.06.2017 г. M=3.4 в 5 сейсмическом районе вблизи Феодосии на расстоянии 31 *км* от гидропункта. Стабильный режим здесь предполагает связь вариаций УПВ и $P_{атм}$ в противофазе. Аналогичные нарушения были предположительно обнаружены в периоды, предшествующие землетрясениям: 13.05.2016 г. M=3.1 в 8 *км* от Алушты, 09.09.2018 г. M=3.2 и 13.09.2018 г. M=2.8 в 5-м районе на расстоянии 76 *км* и 91 *км* соответственно, а также за 8 дней до землетрясения 15.10.2018 г. в Азовском море M=4.3 на расстоянии 212 *км* от г/п «Отважное».

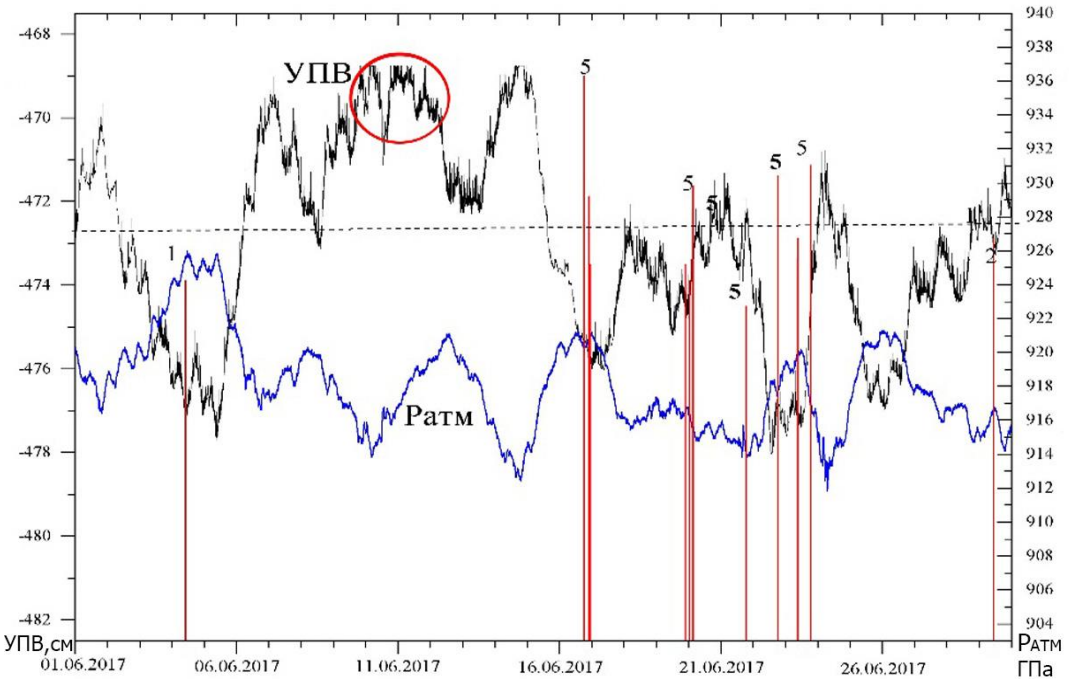


Рис. 2. Вариации (УПВ) и $P_{атм}$ на г/п «Отважное» за июнь 2017 г.

2. На г/п «Суворовка» произведена замена пришедшего в негодность уровнемера на устройство, позволяющее оперативно передавать данные. С этой целью сотрудниками ГАУ РК «КЭС» совместно с сотрудниками КФУ им. Вернадского был разработан, изготовлен и установлен на гидропункте регистратор УПВ и $P_{атм}$. В реализованном устройстве в качестве измерителя УПВ применен лазерный дальномер, измеряющий расстояние до воды в скважине с точностью до 1 *мм*. Использованы датчики атмосферного давления и напряжения аккумулятора фирмы «Релеон». Гидропункт оснащен промышленным компьютером, обеспечивающим непрерывное измерение УПВ и $P_{атм}$ 1 раз в 30 *мин*. Передача результатов происходит 1 раз в сутки по мобильной интернет-сети. На рисунке 3 приведен пример полученных на г/п «Суворовка» данных.

3. На изливающейся скважине г/п «Симферополь» возобновлены наблюдения за окислительно-восстановительным потенциалом воды (далее – ОВП или eH). Ранее забор пробы осуществлялся 1 раз в сутки с последующим лабораторным анализом. Теперь мы дистанционно получаем данные 1 раз в 30 *мин*. В качестве регистратора применен комбинированный редокс-электрод фирмы «JUMO», а также датчик окислительно-восстановительного потенциала фирмы «Релеон» для сравнения. Пример полученных данных приведен на рисунке 4.

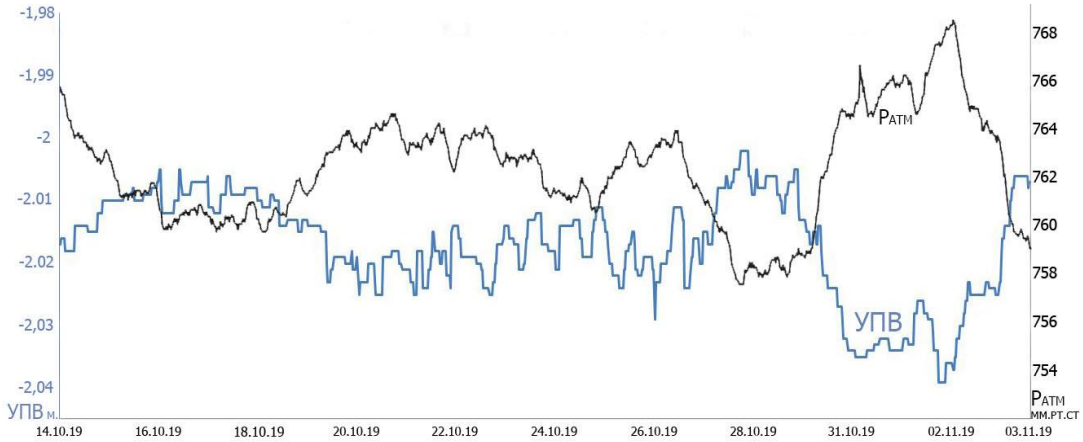


Рис. 3. Результаты наблюдений УПВ и $P_{атм}$ на г/п «Суворовка» за период с 14.10.2019 г. по 03.11.2019 г.

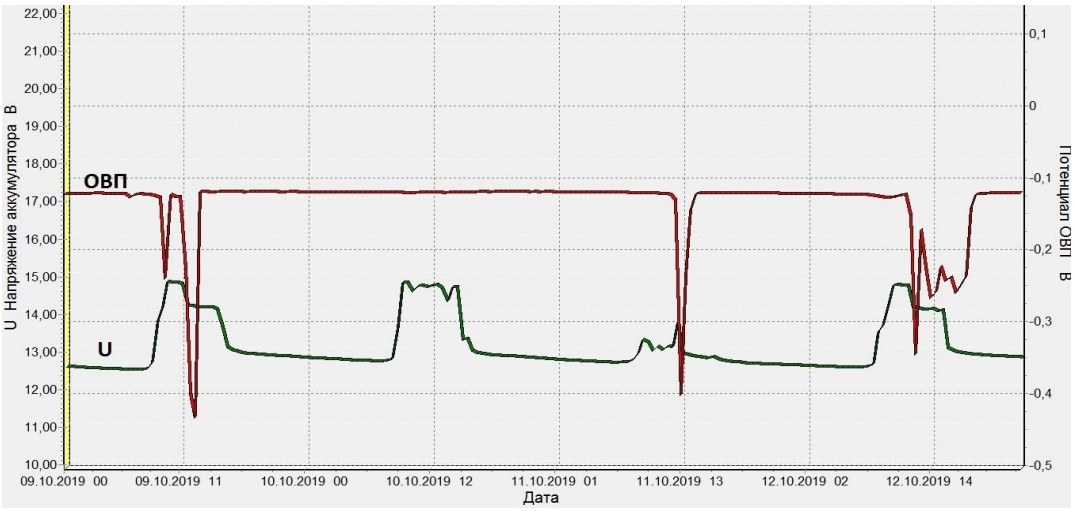


Рис. 4. Результаты наблюдений за окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) и напряжением аккумулятора U на г/п «Симферополь».

Важнейшим условием работы сейсмопрогностической сети является обеспечение непрерывности измерений, поэтому на всех гидропунктах сети установлены солнечные батареи мощностью 100 *вт*, обеспечивающие надежное автономное питание приборов. Динамика подзарядки аккумулятора также отображена на рисунке 4.

Таким образом, на текущий момент гидрогеологические пункты находятся в рабочем состоянии с непрерывной регистрацией и оперативной передачей

информации, но об их информативности можно судить пока только ретроспективно. Для получения вывода о появлении предвестников землетрясений (далее ЗТ) необходимо получение длительных непрерывных рядов измерений, накопление статистики поведения УПВ и $P_{атм}$, eH при ЗТ и освоение методики математической обработки результатов.

2.2. Возобновление работы магнитовариационной станции

Одной из составляющих сейсмического мониторинга является регистрация вариаций геомагнитного поля. На территории Крыма нами возобновлена работа магнитовариационной станции (ст.) «Лазурное» в Алуштинском районе на основе прибора LEMI-018. Имеющиеся литературные данные свидетельствуют о возможности существования предвестников в виде вариаций геомагнитного поля в диапазоне периодов 100 с [2, 3]. Предполагается, что такие вариации могут являться магнитным возмущением, вызванным начавшимися тектоническими процессами. На основе архивных записей геомагнитных вариаций за период 2006–2018 гг. был проведен предварительный ретроспективный анализ изменений спектра в диапазоне периодов 10–200 *с* перед местными ЗТ. Возможность появления предвестников прогнозирования ограничена «короткодействием» эффекта, поэтому рассматривались лишь землетрясения с магнитудой $Mw \geq 3.5$, находящиеся в непосредственной близости от ст. «Лазурное» – в радиусе до 100 *км* с учетом глубины гипоцентра (Табл. 2). Для анализа выбирались 3-х часовые, а затем и часовые периоды в ночное время за 5 и менее суток, непосредственно предшествовавших землетрясениям (Рис. 5). Ввиду малого количества и малой мощности землетрясений можно сказать, что целью этого анализа была опробование методики мониторинга предвестников землетрясений.

Таблица 2.

Перечень отобранных для анализа землетрясений, эпицентры которых находятся вблизи ст. «Лазурное»

Дата	Время	Координаты		Гипоцентральное расстояние (*км*)	Магнитуда (*Mw)*
		φ^o	λ^o		
11.04.2009 г.	0:09	44.1	34.07	67	3.5
12.04.2009 г.	16:31	44.1	34.14	74	4.3
21.06.2009 г.	19:36	44.0	34.11	79	3.5
09.09.2011 г.	7:46	44.4	34.34	34	3.5
15.10.2013 г.	3:35	44.5	34.35	14	3.7
02.03.2014 г.	3:34	44.3	34.33	46	4.1
13.05.2016 г.	14:05	44.6	34.43	14	3.5

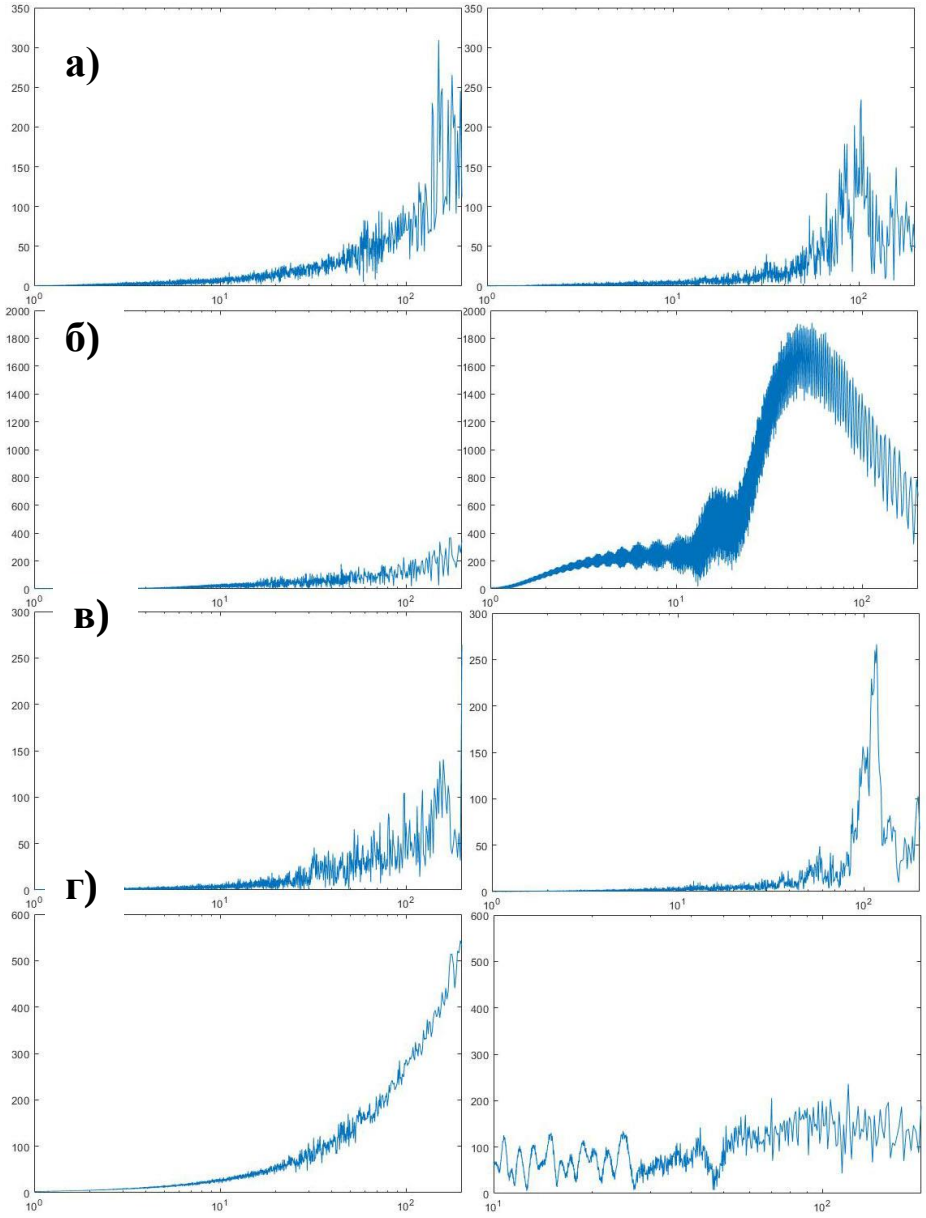


Рис. 5. Аномалии спектра геомагнитных вариаций (X-компонента) в диапазоне периодов 10–200 *с* (справа) в сравнении со спектром, соответствующим предшествующему «спокойному» отрезку времени (слева), образовавшиеся: а) 11.04.2009 г. перед землетрясением 12.04.2009 г.; б) 14.10.2013 г. перед ЗТ 15.10.2013 г.; в) 27.02.2014 г. перед ЗТ 2.03.2014 г.; г) 11.05.2016 г. перед ЗТ 13.05.2016 г.

Перед четырьмя из семи отобранных землетрясений отмечены характерные изменения различного вида в спектре вариаций: появление пика, соответствующего периоду примерно 100 *с* (Рис. 5 «а», «б», «в») и дополнительные возмущения в диапазоне периодов 10–30 *с* (Рис. 5 «г»). Наименее убедительной выглядит аномалия на Рис. 5 «а», что, по-видимому, связано с большим расстоянием до гипоцентра. В настоящее время можно только предположить, что обнаруженные аномалии являются предвестниками. Для проверки этого предположения проводятся дополнительные исследования по выявлению аналогичных явлений в других сейсмических районах, используя данные международной сети ИнтерМагнет.

3. РАСШИРЕНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ СЕТИ ПУТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

3.1. Облачные предвестники сейсмической активности

Известно, что локальная дегазация литосферы при сейсмотектонической активизации визуализируются облачными сейсмоиндуцированными структурами (ОСИС). На Рис. 6 «а» показано типичное ОСИС типа «линейное облако», которое наблюдалось у побережья Японии за несколько дней до «роя» ЗТ.

При регулярных наблюдениях облачных покровов над территорией Крыма и акватории Черного моря с использованием изображений со спутников «Terra», «Aqua» и «Suomi» и видеозаписей ресурса Sat.24 15 июля 2017 года нами было зафиксировано появление неподвижного «линейного облака» Рис. 6 («б» и «г» снятые с разницей в три часа). ГАУ РК «КЭС» было ошибочно подано извещение о возможном сильном ЗТ в Крыму. Через пять дней по оси облака на расстоянии, соизмеримом с его длиной, со стороны Турции (Рис. 6 «в») произошло мощное землетрясение $M = 6.5$. Следует отметить, что по результатам наших исследований, доля землетрясений, перед которыми были зафиксированы облачные предвестники, от общего количества ЗТ на всей Земле составляет единицы процентов. По-видимому, это связано с тем, что для проявления облачных предвестников необходимо особое сочетание параметров атмосферы, при которых возможна конденсация паров воды, визуализирующих потоки исходящих из недр газов.

3.2. Краткосрочный атмосферно-барический предвестник (АБП) землетрясений

В работах [4, 5] для прогноза сейсмических событий было предложено использовать атмосферно-циркуляционный предвестник землетрясений в виде быстро смещающихся сопряженных циклона и антициклона, позволяющий за двое-трое суток определить формирование триггера, инициирующего ЗТ. При исследовании этого явления нами было обнаружено, что мелкомасштабные приповерхностные барические поля, градиент давления которых по энергетическим соображениям не может являться триггером, а тем более причиной землетрясений, практически всегда топологически связаны с эпицентрами как слабых, так и сильных ЗТ.

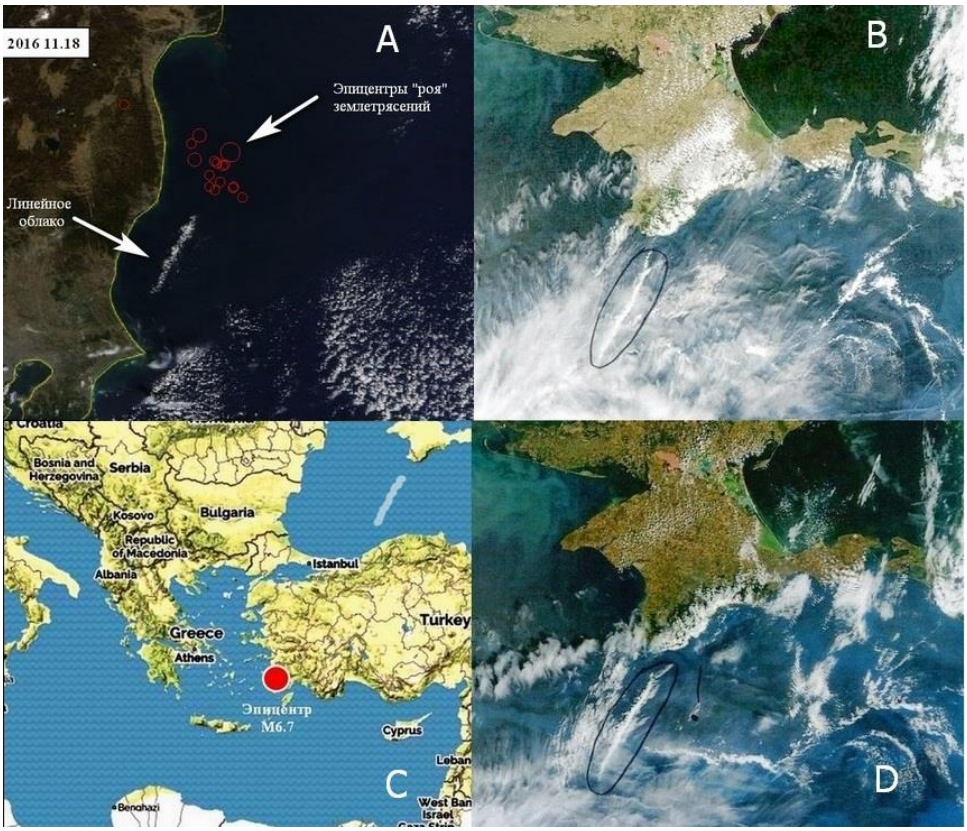


Рис. 6. ОСИС типа «линейное облако» появившееся за три дня до «роя» ЗТ в море у побережья Японии 18.11.2016 г. (A). Спутниковые снимки «линейного облака» в акватории Черного моря, наблюдавшиеся 15 июля 2017 г., сделанные с разницей около 3 часа (B и D). Эпицентр сильного землетрясения M=6.5 в Турции 20 июля 2017 г. (C).

Учитывая это, в настоящей работе предлагается ввести определение краткосрочного атмосферно-барического предвестника землетрясения (АБП), не имеющего триггерную природу. На карте изобар АБП наблюдается в виде круга или ложбины области низкого давления. Эпицентр готовящегося ЗТ расположен вдоль ложбины, преимущественно у ее вершины (Рис. 7).

Появление указанного предвестника объясняется известным физическим явлением – падением атмосферного давления в окрестности готовящегося ЗТ. Известно, что наша планета теряет около 3 *кг* водорода за одну секунду и основной поток газов сейсмогенного происхождения привязан к разломам литосферы. Дегазация земной коры накануне сейсмического удара и активная эманация водорода в атмосферу изменяют процентное соотношение между компонентами воздуха. Соотношение компонент: ~78% азота, 21% кислорода, 1% – остальные газы, создает нормальное атмосферное давление 748 *мм* рт. ст. или 26 *мм* рт. ст. на

один грамм веса моля воздуха (28,7). Присутствие в воздухе легкого водорода (молярный вес 2) понижает расчетное атмосферное давление в пропорции ~7 *мм* рт. ст. на 1% концентрации водорода.

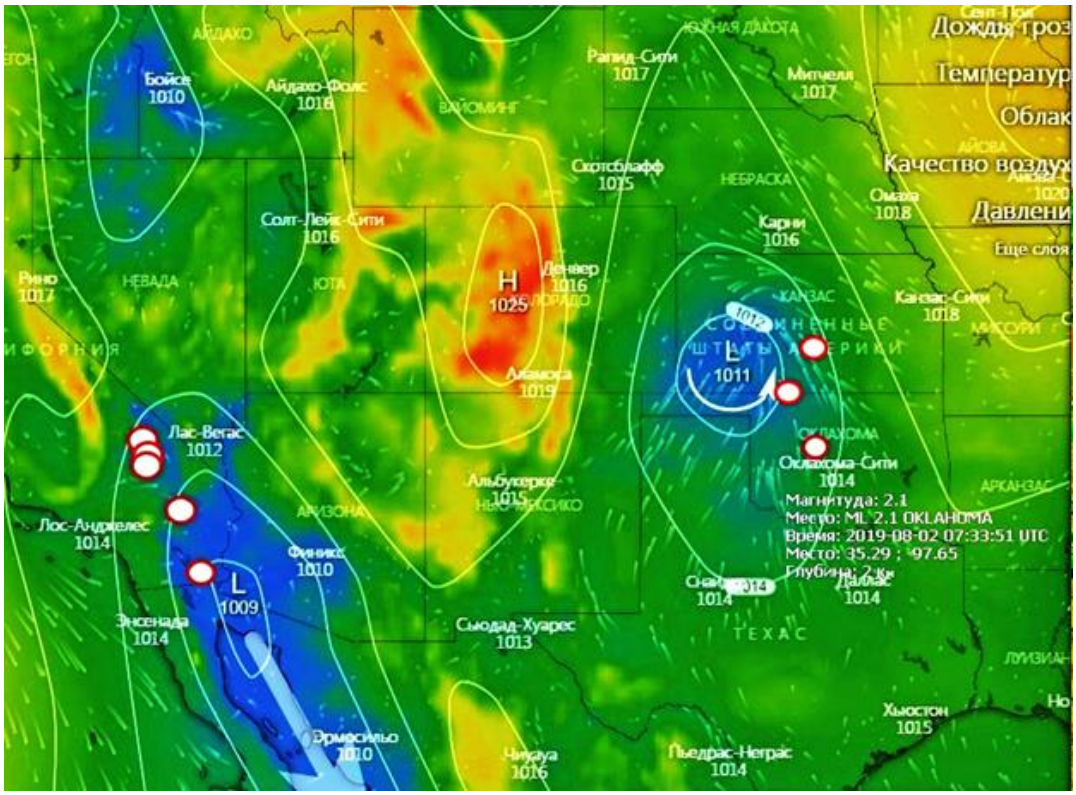
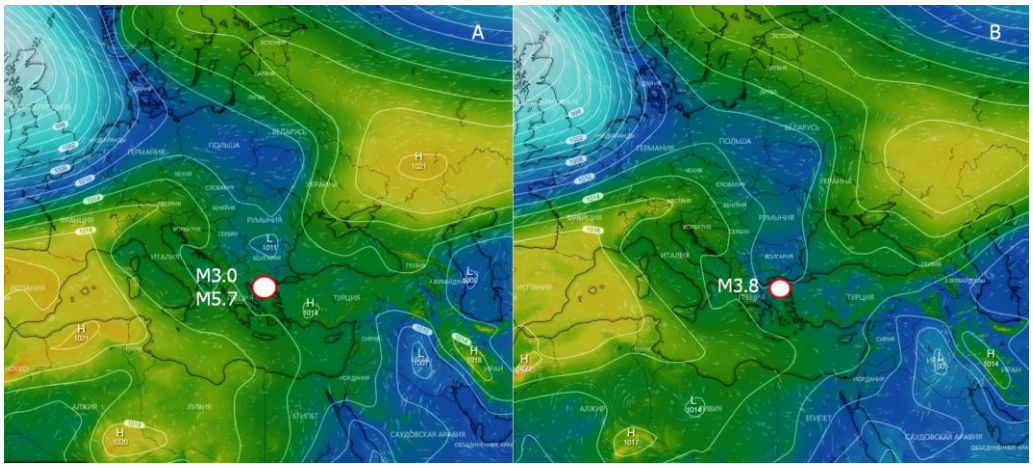


Рис. 7. Конфигурация изобар мелкомасштабных приповерхностных слабых барических полей типа «ложбина» и «круг» топологически связанных с эпицентрами ЗТ вблизи Лос-Анжелеса и Оклахома-Сити перед ЗТ произошедшими 2 июля 2019 г.

По данным измерений, проведенных во время Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года [6], содержание водорода, истекающего через разломы и трещины литосферы, может возрасти на 5–6 порядков, а область газодинамического возбуждения охватывает площади в десятки тысяч квадратных километров. Интенсивный выброс водорода – избыточная концентрация водорода в атмосфере может достигать нескольких процентов, достаточно быстро искажает конфигурацию крупномасштабного барического поля и на начальном этапе отображает конфигурацию области истечения водорода на местности. Мелкомасштабное барическое поле, связанное с эпицентром готовящегося ЗТ, быстро трансформируется (счет идет на часы) – соседние ложбина и круг сливаются, а изобары областей повышенного давления втягиваются по

направлению к эпицентру ЗТ, таким образом выпуклости изобар ориентированы на эпицентр готовящегося ЗТ. В настоящее время идет дальнейшее накопление статистики проявления описанного АБП.

На рисунке 8 (а и б) показана эволюция барических полей типа «ложбина» и «круг», возникших перед сильным землетрясением *M*=5.7 в Турции за временной промежуток в 3 часа. Дискретность изобар на этом и последующем рисунке равна 2 Гп (1.5 mmHg), что в соответствии с ранее приведенной пропорцией способно отобразить изменение концентрации водорода в данной области на 0.2%.



а б

Рис. 8. Конфигурация барического поля атмосферного давления в день ЗТ, произошедшего 8 августа 2019 года в Турции, представляет собой ложбину и впадину низкого давления (а). Конфигурация барического поля 3 часа спустя представляет собой ложбину, ось которой показывает эпицентр (б).

Применение такого подхода к пониманию краткосрочного АБП позволило за два дня предвидеть сильное ЗТ, произошедшее в рифтовой зоне оз. Байкал 28.08.2019 г. (Рис. 9). В настоящее время идет дальнейшее накопление статистики проявления, описанного АБП.

Подобные «необъяснимые» перемещения воздушных масс не описываются и не предсказываются современными метеорологическими моделями. Программные ресурсы, отображающие и моделирующие развитие барических полей во времени, отслеживая существенное отклонение поведения воздушных масс от предсказанного метеорологической моделью, открывает возможность автоматического определения зон планеты, где не исключена вероятность ЗТ в ближайшие 24 часа.

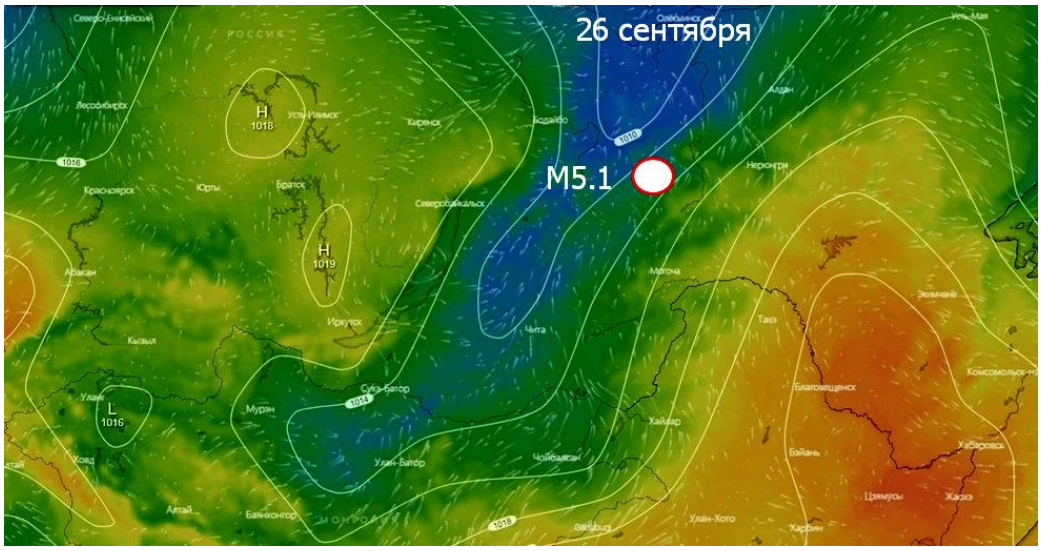


Рис. 9. Мелкомасштабная конфигурация барического поля типа «ложбина» сформировавшаяся 26 сентября в Прибайкалье за два дня до ЗТ M=5.1 в рифтовой зоне оз. Байкал.

В отличии от облачных предвестников АБП не зависит ни от времени суток, ни от редкого сочетания физических параметров атмосферы. В отличие от «точечных» измерений на гидропунктах новый предвестник отображает масштабность природного явления. К достоинствам предвестника относится и то, что используемые карты барических полей вместе с прогнозом их эволюции находятся в открытом доступе интернета и обновляются каждые 2–4 часа.

ВЫВОДЫ

В настоящее время сейсмопрогностическая сеть, существовавшая в Крыму с 80-х годов прошлого столетия, находится в рабочем и модернизированном состоянии. Однако, для получения выводов о четко определенных предвестниках землетрясений необходимо обеспечить долговременную стабильность в работе, получить непрерывные ряды результатов наблюдений для последующей интерпретации и математической обработки. В работе высказано предположение о существовании геомагнитных предвестников Крымских землетрясений, рассмотрен примерный алгоритм для их выявления и намечено направление последующих исследований. Впервые сформулировано определение атмосферно-баррического предвестника ЗТ. По состоянию на сегодняшний день результаты спутниковых наблюдений в комплексе с наземными измерениями могут быть эффективными инструментами в прогнозе сейсмической активизации в регионе. Авторы выражают благодарность Лущику А.В. и Швырло Н.И. за передачу опыта гидрогеологических наблюдений и Б. Г. Пустовитенко за ценные замечания по существу работы.

Список литературы

1. Пустовитенко Б. Г., Лущик А. В., Боборыкина А. В., Кульчицкий В. Е., Можжерина А. В., Насонкин В. А., Панков Ф. Н., Поречнова Е. Н., Пустовитенко А. А., Тихоненков Э. П., Швырло Н. Н. Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2014. 264 с.
2. Рокитянский И. И. 60 лет геоэлектромагнитных наблюдений на геофизической станции «Алушта» и прилегающих территориях // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2017. Том 3(69). №4. С. 171–178.
3. Rokityansky I. I., Babak V.I., Tereshyn A. V., Hayakawa M. Variations of Geomagnetic Response Functions before the 2011 Tohoku Earthquake // Open Journal of Earthquake Research. 2019, no 8, pp.70–84.
4. Боков В. Н. Изменчивость атмосферной циркуляции – инициатор сильных землетрясений // Уральский геофизический вестник. 2004. № 6. С. 5–11.
5. Боков В. Н, Гутшабаш Е. Ш., Потиха Л. З. Атмосферные процессы как триггерный эффект возникновения землетрясений // Ученые записки РГГМУ. 2011. №18. С. 173–184.
6. Осика Д. Г. Флюидный режим сейсмически активных областей. М.: Наука, 1981. 203 с.

RECOVERY AND DEVELOPMENT OF A SEISMOPROGNOSTIC NETWORK IN THE CRIMEA

Burym Yu. A., Ivanov V. A., Samsonov K. A., Troyan V. V.

GAU RK «Crimean expert council for seismic hazard assessment and earthquake forecast», Simferopol, Republic Republic of Crimea, Russia

E-mail:seismoexpert@gmail.com

The problem of earthquake prediction remains relevant for the territory of the Republic of Crimea. Since the 80s there has been a seismic network in the Crimea with 10 hydrologic points. It has been established that the most informative in the sense of the forecast is the correlation between variations in the level of groundwater and atmospheric pressure at wells, as well as changes in the redox potential. Due to the deterioration of the economic situation, the network fell into disrepair, and by 2014 only 1 hydrologic point was operating. In 2016, Crimean expert council for seismic hazard assessment and earthquake forecast "KES" started to restore the forecast network at a new scientific and technical level. 3 hydrologic points are currently operating. The work provides examples of the results obtained, including those that may be precursors to earthquakes. One of the components of seismic monitoring is registration of geomagnetic field variations. The work of the “Lazurnoye” magnetovariance station in the Alushta region on the basis of the LEMI-018 device has been resumed. On the basis of archive records of geomagnetic variations for the period of 2006-2018, a preliminary retrospective analysis of spectrum changes in the range of 10-200 s was carried out. The results of the analysis indicate the appearance of additional peaks in the spectrum of variations before 4 of 7 selected local earthquakes. Currently, there is a real possibility to expand the list of forecast parameters by using satellite images available on the Internet. According to our research results, the share of earthquakes with cloud precursors before them is about few percents of the total number of earthquakes on the whole Earth. In the study of barric field maps, the definition

of an earthquake precursor has been formulated, manifesting itself in a special configuration of pre-earthquake isobars in the form of circles or isobaric curvature in low-pressure areas. The definition was confirmed by a large number of examples. Probably such features are related to the emission of light gases through the fractures of the lithosphere in the vicinity of the prepared earthquake. To date, satellite observations, in combination with ground-based measurements, can be effective tools in predicting seismic activity in the region.

References

1. Pustovitenko B. G., Lushchik A. V., Boborykina A. V., Kul'chickij V. E., Mozhzherina A. V., Nasonkin V. A., Pankov F. N., Porechnova E. N., Pustovitenko A. A., Tihonenkov E. P., Shvyrlo N. N. Monitoring sejsmicheskih processov v Krymsko-Chernomorskom regione (Monitoring of seismic processes in the Crimean-Black Sea region). Sevastopol: NPC «EHKOSI-Gidrofizika», 2014, 264 p. (in Russian).
2. Rokityanskij I. I. 60 let geoelektromagnitnyh nablyudenij na geofizicheskoj stancii «Alushta» i prilegayushchih territoriyah (60 years of geoelectromagnetic observations at the geophysical station «Alushta» and adjacent territories). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 2017, T. 3(69), no 4, pp. 171–178 (in Russian).
3. Rokityansky I. I., Babak V.I., Tereshyn A. V., Hayakawa M. Variations of Geomagnetic Response Functions before the 2011 Tohoku Earthquake. Open Journal of Earthquake Research, 2019, no 8, pp.70–84.
4. Bokov V. N. Izmenchivost' atmosfernoj cirkulyacii – iniciator sil'nyh zemletryasenij (Variability of atmospheric circulation – the initiator of strong earthquakes). Ural'skij geofizicheskij vestnik, 2004, no 6, pp. 5–9 (in Russian).
5. Bokov V. N, Gutshabash E. SH., Potiha L. Z. Atmosfernye processy kak triggernyj effekt vozniknoveniya zemletryasenij (Atmospheric processes as a trigger effect of earthquakes). Uchenye zapiski RGGMU, 2011, no 18, pp. 173–184 (in Russian).
6. Osika D. G. Flyuidnyj rezhim sejsmicheski aktivnyh oblastej (The fluid regime of seismically active regions). M., Nauka, 1981, 203 p. (in Russian).

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 199–218.

РАЗДЕЛ 2.
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ. ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 551.44

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАРСТОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ Г. СИМФЕРОПОЛЬ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННОГО РЕЖИМА

Токарев С.В.[1], Амеличев Г.Н. [1], Токарев И.В. [2]

[1]Таврическая академия ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация
[2]Научный парк Санкт-Петербургского государственного университета, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
E-mail: tokcrimea@list.ru

Мониторинг проявлений подземных вод в пределах части эоценовой куэсты Внутренней гряды Крымских гор между долиной р. Салгир и Петровской балкой проводится с 2014 г. и включает измерение расходов, температуры, удельной электропроводимости, анализ ионного и изотопного ($\delta^{18}O$ и $\delta^{2}H$) состава вод. Основными объектами наблюдений являются источники «Петровский фонтан», «Петровский нижний», «Петровские скалы» и «Петровский верхний». На общем похожем фоне режимы отдельных источников имеют индивидуальные особенности хода температур, минерализации и изотопного состава вод. Выяснено, что в формировании режима подземных вод района, наряду с природными факторами, зачастую определяющее значение имеют антропогенное воздействие. Сделана предварительная оценка доли антропогенной составляющей в питании подземных вод района.

Ключевые слова: подземные воды, карстовый источник, Симферополь, удельная электропроводимость, сезонная цикличность, антропогенное питание, загрязнение вод, изотопный состав, нарушенный режим.

ВВЕДЕНИЕ

Еще 100 лет назад карстовые подземные воды г. Симферополь имели исключительное значение для водоснабжения городского населения. Особую роль играли источники района Петровской балки, расположенной в юго-восточной части города. При переходе на водоснабжение из поверхностных водохранилищ (сначала Аянского, а в дальнейшем – Симферопольского и Партизанского), значение источников было утрачено. Одновременно происходило освоение указанного района, преимущественно под жилую застройку, под которую попали и области питания основных источников, что привело к изменению их режима. Часть

местного населения до сих пор использует подземные воды из источников и колодцев для бытовых целей, в том числе для питья. В настоящее время, в связи с напряженной ситуацией в системе водоснабжения Крыма, эти источники следует рассматривать как резервные на случай проблем с централизованным снабжением.

Государственная сеть мониторинга подземных и поверхностных вод не затрагивает данный район. Поэтому целью работы является выяснение актуальных условий питания и разгрузки/эксплуатации подземных вод района Петровской балки. Мониторингом выявлялся гидродинамический, гидрохимический, изотопный ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$) и термический режим для установления степени антропогенной трансформации стока. Результаты наблюдений образуют основу для водно-балансовых расчетов и гидрогеологического моделирования подобных бассейнов. Они же необходимы для оценки состояния подземных вод как индикатора загрязненности геологической среды. Поскольку подземные воды рассматриваемого района относятся преимущественно к карстовому типу, изучение их режима также важно для оценки интенсивности карстового процесса, что является актуальной задачей для урбанизированных территорий.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Основные водоносные горизонты г. Симферополя связаны с известняками среднего эоцена (симферопольский региоярус), известняками готерив-барремского яруса нижнего мела, известняками сарматского яруса миоцена, а также четвертичными аллювиальными и пролювиальными отложениями [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Район данного исследования площадью 3,3 км^2 находится в юго-восточной части г. Симферополь, в орографическом плане занимает часть Внутренней куэстовой гряды Крымских гор между долиной р. Салгир и Петровской балкой (рис. 1).

Гряда в структурно-геологическом отношении представляет собой моноклиналь с падением пластов на северо-запад под углом 2–3º. Верхний этаж сложен бронирующим слоем массивных нуммулитовых известняков среднего эоцена мощностью до 40 м. В северо-западном направлении они погружаются под толщу мергелей верхнего эоцена (новопавловско-альминский региоярус), слагающих межгрядовое продольное понижение перед эскарпом Внешней гряды. Известняковая толща нарушена вертикальными трещинами с азимутами 0–5° и 325–330°, которые фиксируются на обнажениях в эскарпе куэсты и в расчистках на структурном склоне. Большинство из них носит следы растворения.

В основании симферопольского яруса залегает водоупор – мергели и глины бахчисарайского региояруса. Среднеэоценовая толща подстилается с угловым несогласием породами нижнего мела, представленными глинами апт-альбского и известняками готерив-барремского ярусов (рис. 2) и выходящими на поверхность в основании юго-западного эскарпа куэсты.

Поверхность структурного склона куэсты прикрыта маломощным (1–2 м) чехлом элювия и делювия, на которых развиваются дерново-карбонатные почвы. Естественная растительность представлена петрофитными степями. Петровская балка, ограничивающая район исследования с запада, заложена в субмеридиональном направлении. Ее днище выполнено пролювиальными

щебнисто-песчано-суглинистыми отложениями, которые в средней и нижней частях балки достигают мощности 10 м.

Территория примерно на 50 % освоена под жилую низкоэтажную застройку, водоснабжение которой производится централизовано. При этом централизованная канализация отсутствует, за исключением северо-восточной части района с хозяйственными предприятиями. Из последних наиболее значительными являются водоочистные сооружения «Петровские скалы», станция технического обслуживания автомобилей с автомойками «Астра», автозаправочная станция. Остальная площадь, главным образом, в его южной части занята естественными ландшафтами (рис. 1). В настоящее время эта часть начинает постепенно застраиваться (микрорайон «Петровские высоты»). В северо-восточной части района сохранен значительный участок с естественной растительностью в границах историко-археологического заповедника «Неаполь Скифский».

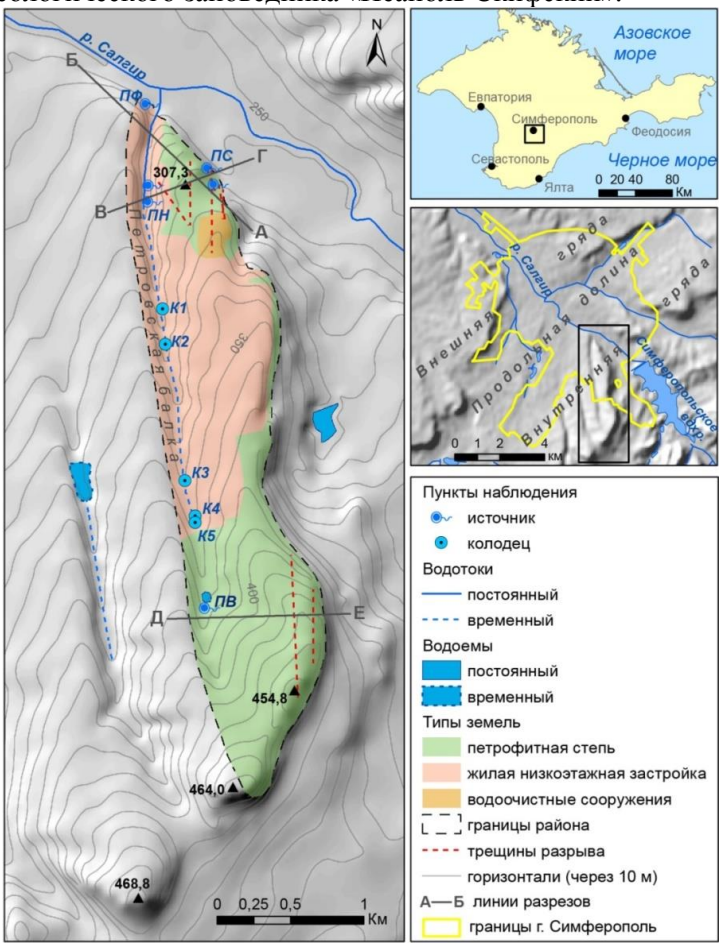


Рис. 1. План района работ с ключевыми объектами. Источники: ПФ – Петровский фонтан, ПС – Петровские скалы, ПН – Петровский нижний, ПВ – Петровский верхний (Марии Магдалины).

В связи со значительной трещиноватостью и закарстованностью известняков среднего эоцена, содержащиеся в них подземные воды относятся преимущественно к трещинно-карстовому типу. Для карстовых структур проницаемости в эоценовых известняках в пределах Симферополя обосновывается гипогенное происхождение [1, 8]. В связи с их дальнейшим раскрытием, на современном этапе происходит развитие унаследованных карстовых структур по эпигенному механизму с участием антропогенного фактора. Последний включает концентрацию поверхностного стока на искусственных покрытиях, дополнительное питание за счет утечек из водонесущих коммуникаций и канализационно-сточных вод с высокой агрессивностью, полива приусадебных участков.

В границах района работ известны 3 карстовые полости, наиболее значительная из которых имеет протяженность 125 м (пещера Алима). В заложении полостей отмечается преимущественный контроль вертикальными трещинами с простиранием север – юг, северо-запад – юго-восток. Все пещеры не имеют сколь либо значимых водопроявлений. Исключением может быть конденсационная влага и локально просачивающиеся через трещины инфильтрационные воды в несущественном объеме.

В пределах площади работ водоносный горизонт среднеэоценовых известняков имеет свободную поверхность. При погружении под мергели новопавловско-альминского яруса подземные воды приобретают напор. Нижним водоупором являются глины бахчисарайского и апт-альбского ярусов имеют мощность 10–20 м и надежно изолируют нижележащий горизонт известняков готерив-баррема.

Аллювиально-пролювиальные отложения, заполняющие эрозионный врез Петровской балки, представляют собой отдельный водоносный горизонт, «вложенный» в среднеэоценовый и гидравлически с ним хорошо связанный. Очевидно, он принимает существенную часть стока из известняков симферопольского яруса, и разгружается в аллювий долины р. Салгир. Разгрузка остальной части стока среднеэоценового горизонта происходит через источники в правом борту Петровской балки и на северо-восточном эскарпе куэсты (Рис. 1).

Питание среднеэоценовых известняков происходит преимущественно за счет площадной инфильтрации. Очаги точечной и линейной инфлюации здесь неизвестны. Конденсационное питание несущественно в связи с малой обнаженностью водовмещающих известняков. Величина естественной инфильтрации контролируется количеством и режимом выпадения осадков, температурно-влажностными параметрами воздуха и почвы, а также типом растительности. По справочной информации до 1980^{-x} г. [9] среднемноголетние осадки для г. Симферополь составляли 501 мм/год. Отмечалось преобладание осадков теплого периода – 305 мм в апреле–октябре (120–140 мм за май и июнь) и 196 мм в ноябре–марте. Среднегодовая температура составляла 10,2 ºС. Расчетное суммарное испарение по справочным данным от 440 мм/год [10] до 560 мм/год [11].

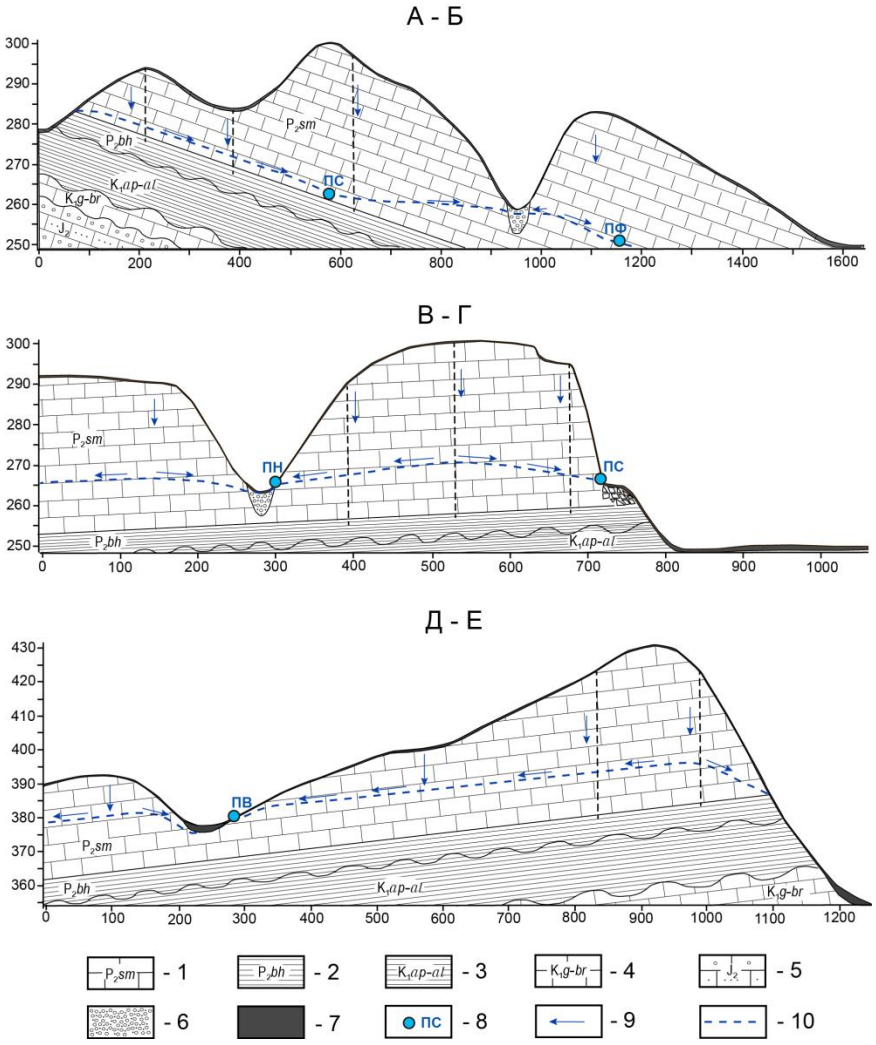


Рис. 2. Гидрогеологические разрезы через ключевые объекты наблюдения (стратиграфия дана по [6] (линии разрезов показаны на рис. 1).

1 – водоносный горизонт в известняках симферопольского яруса; 2 – водоупорные глины бахчисарайского яруса; 3 – водоупорные глины аптского и альбского ярусов; 4 – водоносный горизонт в известняках готеривского и барремского ярусов; 5 – слабопроницаемые конгломераты и песчаники средней юры; 6 – водоносный горизонт в аллювиально-пролювиальных отложениях; 7 – почва; 8 – источники; 9 – предполагаемые направления движения подземных вод; 10 – нижняя граница зоны аэрации.

По наблюдениям на метеостанциях г. Симферополя за 2014–2018 г., в среднем, годовое количество осадков – 570 мм, годовая температура воздуха – 12,2 ºС, относительная влажность воздуха – 72 % (до 2000 г. – 74 %). Самыми дождливыми

месяцами остаются июнь (98 мм) и май (72 мм), самым засушливым – август (14 мм). В летний период осадки выпадают часто в виде ливней с формированием мощного поверхностного стока, а русло Петровской балки выполняет роль коллектора, выводя поверхностный сток за пределы исследуемого района. В зимний период снеговой покров маломощен (4 см) и кратковременен. В связи с колебаниями температуры снег выпадает и стаивает несколько раз за сезон.

Рассчитанная для г. Симферополь [6] среднегодовая естественная инфильтрация составляла 46 мм, а суммарная, с учетом антропогенного питания, – 120–170 мм (доля дополнительного питания 61–70 %). Для Петровской балки доля антропогенного питания по прикидочным оценкам аналогична.

Таким образом, увеличение количества осадков должно способствовать росту объема инфильтрационного питания подземных вод, но, в то же время, изменение температурно-влажностного режима воздуха – приводить к увеличению суммарного испарения. Продолжающаяся застройка района, с централизованным водоснабжением жилых кварталов и практически полным отсутствием канализационной сети, предполагает рост антропогенного питания.

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТОВ

Объектами наблюдений являлись 4 выхода подземных вод (рис. 1, 2, 3): «Петровский фонтан», «Петровские скалы», «Петровский нижний», «Петровский верхний» (Марии Магдалины).

Источник «Петровский фонтан» расположен в приустьевой части Петровской балки, в ее левом борту, выходит из основания известнякового уступа высотой около 10 м. В этом месте подошва водоносного горизонта погружается под аллювий долины р. Салгир на глубину 10–20 м от поверхности. Высотная отметка выхода вод, определенная посредством баронивелирования, составляет 252 м н.у.м. Средний расход около 2 л/сек. Источник обустроен бетонным каптажем в виде бочки диаметром 1 м и высотой около 2 м. Из него по трубе вода попадает в открытый бассейн (рис. 3–Б). Часть воды теряется в обход бассейна. Сток из бассейна попадает в дренажный колодец и далее – в подземный коллектор, ведущий в р. Салгир.

В известняковом уступе над источником какие-либо трещины, могущие дать выход карстовых вод, не обнаруживаются. Однако на поверхности уступа наблюдается повышенная влажность, которая летом вызывает интенсивный процесс десквамации (отшелушивания пластин известняка), а зимой – морозного выветривания. В одном месте происходит высачивание вод с образованием капели. Все это указывает на трещинно-пластовую природу питающих источник вод. Область питания источника, скорее всего, находится юго-западнее, в пределах нижней части аструктурного склона куэсты к западу от Петровской балки.

Источник «Петровский нижний» находится в тальвеге Петровской балки, примерно в 800 м от Петровского фонтана напротив слива с очистных сооружений. Выход каптирован (рис. 3–В). Средний расход каптажа около 1 л/сек. Чуть выше него (на расстоянии около 50 м) обнаружен более мощный (по дебиту примерно в 5 раз крупнее) второй выход подземных вод, который дает начало постоянному

водотоку Петровской балки. Вода выходит в основании тальвега балки с противоположной от каптажа стороны. Высотные отметки выходов находятся в пределах 263–264 м н.у.м. В связи с полной закрытостью коренных водоносных известняков чехлом из делювиальных и антропогенных отложений, условия выхода вод не до конца ясны. Предположительно, выход связан с одной из трещин разрыва северо-западного простирания, обнаруживаемых в расчистках на восточном склоне балки (рис. 3–Д).

Источники Петровских скал, в отличие от остальных объектов, располагаются не в балке, а на восточном аструктурном склоне куэсты. Они выходят в основании 20–25-метрового известнякового уступа. Высотные отметки источников ложатся в пределы 265–266 м н.у.м. Выходы связаны с закарстованными субвертикальными трещинами, которые имеют простирание близкое к меридиональному (рис. 1). Крупнейший выход находится севернее остальных и превосходит их по дебиту более чем на порядок, составляя в среднем около 10 л/сек (рис. 3–А). Сток родниковых вод уходит в долину р. Салгир, пополняя ее аллювиальный горизонт.

Источник «Петровский верхний» («Марии Магдалины» по находящемуся рядом одноименному храму-памятнику при братском кладбище времен Крымской войны) расположен в верховьях Петровской балки, в основании ее правого склона. Выход вод каптирован (Рис. 3–Г). Средний расход составляет около 0,1 л/сек. Разгружающаяся вода собирается в небольшой копаный ставок. Абсолютная отметка источника, определенная баронивелированием, составляет 370 м н.у.м. Условия выхода вод не до конца ясны, поскольку коренные породы прикрыты делювиальным чехлом. Предполагается, что источник дренирует трещину северо-западного простирания, собирающую сток с почвенно-эпикарстовой зоны.

Все описанные источники являются круглогодичными. Второстепенными объектами, на которых производились разовые наблюдения, являются колодцы в днище Петровской балки, вскрывающие воды аллювиально-пролювиального горизонта.

МЕТОДИКА

Наблюдение режима производилось с июня 2014 г. по июнь 2017 г. с периодичностью 1–2 раза в месяц (для источников «Петровский фонтан» и «Петровские скалы»), а также раз в 1–2 месяца, а в последний год наблюдений – раз в 3–4 месяца («Петровский нижний» и «Петровский верхний»). Опробование подземных вод аллювиально-пролювиального горизонта в Петровской балке проводились разово.

Наблюдения включали измерение температуры и удельной электрической проводимости (SpC) с помощью кондуктометра YSI EcoSense EC300, расходов источников. Удельная электропроводимость приводилась к стандартной температуре 25 ºС с использованием температурного коэффициента 1,91 % на 1 °С. Из полученного значения SpC рассчитывался показатель общей минерализации вод (TDS) с константой пересчета 0,65. Единожды был произведен анализ основных компонентов химического состава вод источников.

Рис. 3. Вид основных объектов наблюдения: А – главный источник на Петровских скалах, Б – Петровский фонтан, В – источник Петровский нижний, Г – источник Петровский верхний (Марии Магдалины), Д – закарстованная трещина в расчистке на территории археологического заповедника «Неаполь Скифский».

Из всех источников с разной периодичностью отбирались пробы на состав стабильных изотопов кислорода и водорода $\delta^{18}O$ и $\delta^{2}H$. Измерения изотопного состава воды выполнялось в РЦ РДМИ Научного парка Санкт-Петербургского университета на лазерном изотопном анализаторе Picarro L2120-i с использованием стандартов МАГАТЭ и Американского геологического общества V-SMOW-2, USGS45 и USGS46. Погрешность измерений составляет ±0.13 ‰ по $\delta^{18}O$ и ±1.5 ‰ по $\delta^{2}H$. Результаты измерений приводятся в промилле относительно стандарта океанической воды V-SMOW.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Метеоусловия. Распределение осадков и температуры воздуха за период наблюдений представлено на рисунке 4. Максимальное количество осадков

приходится на июнь (в среднем, 86 мм) и май (78 мм); минимальное – на август (17 мм) и сентябрь (18 мм). Средняя температура воздуха за срок наблюдений составила 12,1 ºС, при наличии нисходящего тренда, что, вероятно, должно сказаться и на температуре подземных вод.

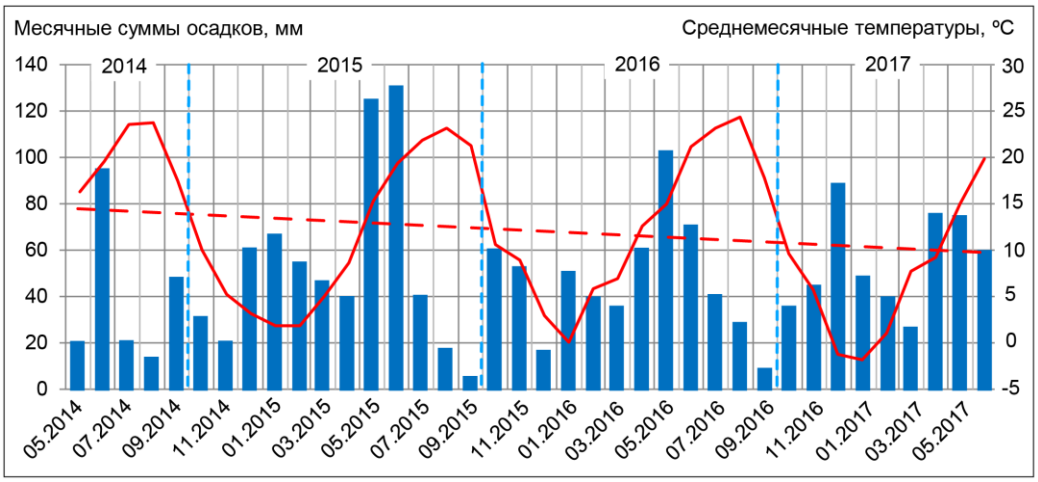


Рис. 4. Ход месячных значений основных метеоэлементов в г. Симферополь в течение срока наблюдений (использован архив метеоданных с сайта «Расписание погоды» rp5.ru по пункту «Симферополь аэропорт» WMO ID 33946). Столбиками показаны месячные суммы атмосферных осадков, сплошной линией – среднемесячные температуры, прерывистой линией – линейный тренд температур. Вертикальными пунктирными линиями показаны границы гидрологических лет.

Для анализа данных использован гидрологический год, началом которого, исходя из внутригодового распределения осадков, принят октябрь (окончание засушливого периода август-сентябрь), а окончанием – сентябрь следующего календарного года. Начало гидрологического года совпадает с началом накопления запасов поверхностных вод и грунтовых вод. Среднемесячное количество осадков за 2014 гидрологический год (часть, попавшая в срок наблюдений) составило 37 мм, за 2015 – 51 мм, за 2016 – 47 мм, за 2017 (до июля) – 52 мм.

Характеристика рядов данных. Временные ряды показателей, характеризующих режим источников, показаны на рисунке 5 и 6. Средние, минимальные и максимальные значения температуры и расчетной минерализации воды источников даны в таблице 1. В ходе исследования было выявлено, что все наблюдаемые источники характеризуются индивидуальными особенностями режима по всем измеряемым показателям.

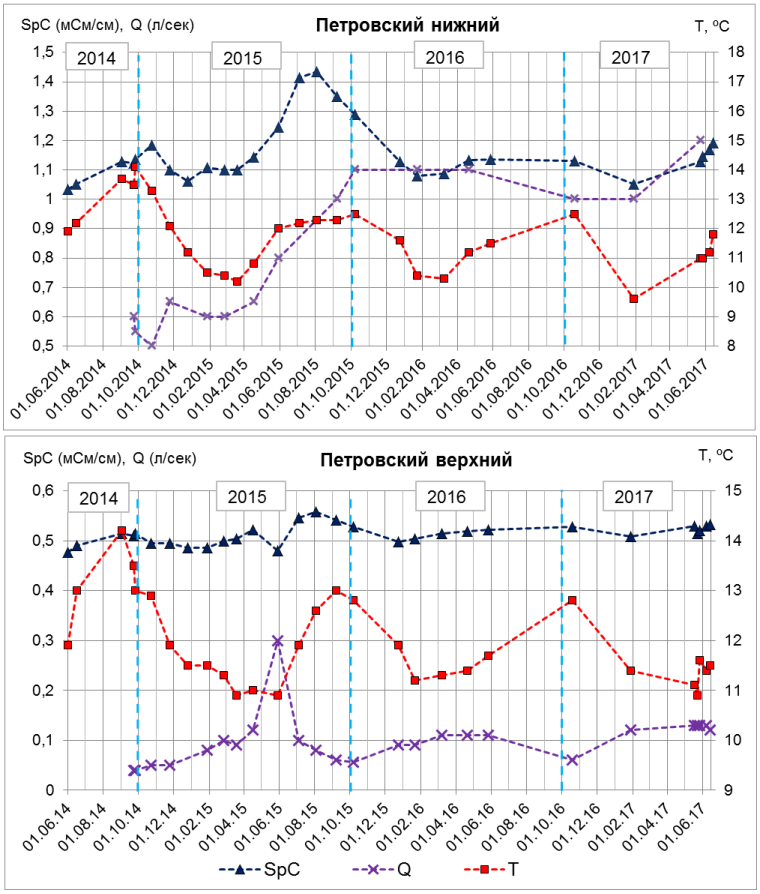


Рис. 5. Ход температуры (T), удельной электропроводимости (SpC) и расходов (Q) источников Петровский нижний (каптаж – верхняя панель) и Петровский верхний (нижняя панель) в течение срока наблюдений. Вертикальными пунктирными линиями показаны границы гидрологических лет.

Точные замеры расходов производились только по источнику «Петровский верхний». Он имеет наименьший расход среди всех наблюдаемых источников: в среднем 0,1 л/сек. В динамике его расхода отчетливо проявляется сезонная изменчивость: минимумы приходятся на начало и конец гидрологического года, максимум – на его середину с наиболее влажными месяцами. Отмечена быстрая реакция на обильное выпадение осадков. Так, максимум расхода в 0,3 л/сек в конце мая 2015 г. зафиксирован сразу после прохождения мощных ливней. Это подтверждает естественный характер питания источника «Петровский верхний» за счет выпадающих в области его питания осадков.

Изменение температуры воды находится в противофазе относительно динамики расходов: максимальные температуры наблюдаются в августе-сентябре, минимальные – в апреле-марте, реже (в 2016 г.) – в феврале-марте. Средняя температура 11,9 ºС чуть ниже среднегодовой температуры воздуха. Амплитуда

температуры составила 3,3 ºС. В течение срока наблюдений отмечен линейный тренд снижения температур примерно на 1 ºС, что согласуется с многолетним понижением средней температуры воздуха.

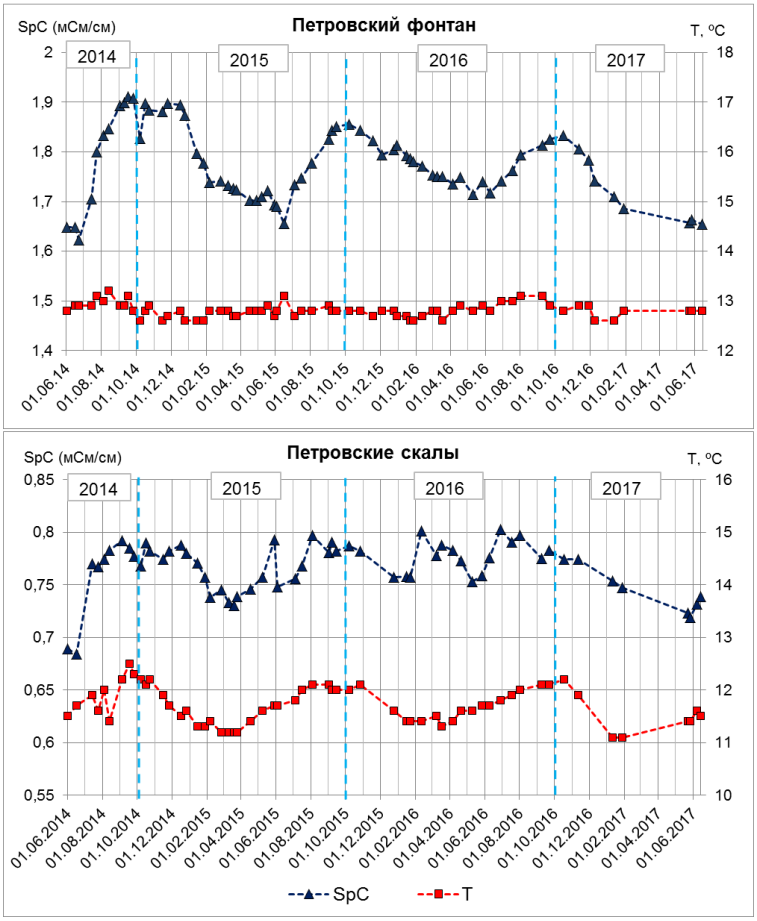


Рис. 6. Ход температуры (T) и удельной электропроводимости (SpC) вод источника Петровский фонтан (верхняя панель) и основного источника на Петровских скалах (нижняя панель) в течение срока наблюдений. Вертикальными пунктирными линиями показаны границы гидрологических лет.

Источник «Петровский верхний» характеризуется наименьшей величиной минерализации (в среднем 0,333 г/л) в сравнении с другими источниками района, что согласуется с преимущественно его естественным питанием. Минерализация воды примерно повторяет ход температур. Коэффициент парной корреляции между расходами источника и температурой воды (r = – 0,67). Остальные коэффициенты корреляции математической значимости не имеют. В ответ на обильные ливни происходит снижение температуры и минерализации воды, при довольно быстром

возврате к исходным значениям. Быстрый отклик на события в области питания может свидетельствовать о малых емкостных параметрах водоносной системы.

Таблица 1.

Средние, минимальные и максимальные значения показателей режима источников

Источник	**T, ºC**			**TDS, г/л**			**Q, л/сек**		
	средн.	мин.	макс.	средн.	мин.	макс.	средн.	мин.	макс.
Петровский фонтан	12,8	12,6	13,2	1,16	1,06	1,24	2*	0,5*	5*
Петровский нижний (каптаж)	11,7	9,6	14,1	0,75	0,67	0,93	0,83	0,5	1,2
Петровские скалы	11,7	11,1	12,5	0,50	0,44	0,52	10*	5*	20*
Петровский верхний	11,9	10,9	14,2	0,33	0,31	0,36	0,1	0,04	0,3

*замер расхода производился приблизительно

Измерения параметров источника «Петровский нижний» изначально производились на каптаже, а затем на более мощном выходе подземных вод выше каптажа. Вода обоих выходов имеет практически идентичную температуру и электропроводимость, что дает основание относить их к одной водоносной системе. Точные измерения расходов производились для каптажа, для верхнего выхода расход оценивался приблизительно по потоку в русле. За период наблюдений отмечен рост расходов как по каптажу (с 0,5 л/с до 1,2 л/с), так и по верхнему выходу (с 5 до 10 л/с). Наибольший рост дебита отмечен во второй половине 2015 гидрологического года. Измерения в начале 2019 г. показали, что величина расхода увеличилась до 1,4 л/с и 15 л/с для каптажа и верхнего выхода соответственно. Сезонная цикличность расхода не выявлена. После обильных осадков отмечается увеличение расхода из верхнего выхода, которое через 1–2 недели сходит на нет.

Ход температуры воды источника «Петровский нижний» имеет четкую сезонность. Максимум температур (до 14 ºС) наблюдается на стыке сентября и октября. В течение последующих 3–4 месяцев наблюдается охлаждение воды до 11 ºС в феврале-марте. При среднем значении 11,7 ºС амплитуда температур составила 4,5 ºС, что выше, чем по всем остальным источникам. Линейный тренд хода температур, построенный по полученному ряду, имеет снижение на 1 ºС.

В изменении минерализации также выявляется периодичность, однако, не такая четкая, как для температур. Максимумы минерализации приходятся на стыки гидрологических лет, однако они смещены относительно температурных максимумов в разные стороны на 1–2 месяца. На протяжении второй половины

2015 г. зафиксирован скачок минерализации до TDS = 0,933 г/л с гораздо большей амплитудой, чем в предыдущий и последующий годы. Средняя минерализация за срок наблюдений составило 0,752 г/л. Существенной корреляции между рядами температуры и минерализации не выявлено.

Источник «Петровские скалы» на протяжении срока наблюдений имел расход без сезонной динамики Q = 10 л/с, в среднем, минимум – ~5 л/сек, максимум – ~20 л/с. Температуры имеет выраженную сезонность, сходную с предыдущими двумя источниками, но с меньшей амплитудой: всего 1,4 ºС при среднем 11,7 ºС. В минерализации сезонность также прослеживается, однако гораздо менее четкая. Средняя минерализация составила ~0,5±0,08 г/л. Отмечаются отдельные скачки, как правило, в весенне-летний период. В этой точке проводились разовые наблюдения небольшого источника, находящегося в 100 м южнее, примерно на той же высотной отметке. Он дренирует закарстованную трещину, параллельную той, из которой выходит основной источник. Его расход ~0,2 л/с и минерализация 0,36–0,37 г/л. Значительное различие в минерализации указывает на разные условия формирования вод этих источников.

Источник «Петровский фонтан» имеет расход, в среднем, 2–3 л/с, с редкими уменьшениями до 0,5 л/с (с установлением отрицательных температур воздуха) и увеличениями до 5 л/с. Характерной чертой является практически постоянная температура воды, в среднем, 12,8 ºС, что примерно на 1 ºС выше средних температур остальных источников и на 0,7 ºС выше средней температуры воздуха за срок наблюдений. Минерализация воды имеет хорошо выраженную сезонность – максимумы приходятся на август-октябрь, минимумы – на май-июнь. Источник имеет наибольшую минерализацию среди наблюдаемых: в среднем 1,16 г/л. Высачивание из скальной стены над источником, дало сходное значение – 1,18 г/л, что, скорее всего, указывает на единые условия формирования вод. В ходе наблюдений отмечено снижение амплитуд колебания минерализации, по годам 2014–2016 – 0,2 г/л, 0,12 г/л и 0,08 г/л соответственно.

Температурные ряды данных между источниками (кроме «Петровского фонтана») коррелируют в довольно высокой степени r = 0,84–0,92. Аномально стабильный режим температур «Петровским фонтаном» исключает его из общей группы. По кондуктометрическим рядам данных источники «Петровский нижний» и «Петровский верхний» имеют r = 0,72; «Петровский фонтан» и «Петровские скалы» r = 0,69; «Петровские скалы» и «Петровский нижний» r = 0,45 (немного ниже значимого).

Состав ионов. Выполненный анализ ионного состава основных водопроявлений дал следующие результаты. Вода источников «Петровский верхний» и «Петровский нижний» относится к сульфатно-гидрокарбонатному кальциевому типу, источника «Петровские скалы» – к сульфатно-гидрокарбонатному натриево-кальциевому, источника «Петровский фонтан» – к сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридному кальциевому, колодца К5 – к хлоридно-гидрокарбонатному кальциевому.

Горизонт эоценовых известняков, таким образом, имеет довольно высокое содержание сульфатов, что нетипично для карстовых вод карбонатных коллекторов.

Грунтовые воды аллювиально-пролювиального горизонта из колодца К5, напротив, имеют низкое содержание сульфатов, но повышенное содержание хлоридов, также как воды источника «Петровский фонтан». В воде источника «Петровские скалы» повышено содержание ионов натрия и калия. В большинстве водопроявлений выявлено высокое содержание нитратов, превышающее (кроме источника «Петровский верхний») ПДК = 45 мг/л, что указывает на антропогенное загрязнение.

Сумма ионов, полученная лабораторным способом, в целом близка к расчетной минерализации TDS, полученной кондуктометрическим путем. Для показателей суммы ионов, общей жесткости, содержания нитратов и иона кальция были получены линейные зависимости от показателя удельной электропроводимости SpC с довольно высокой степенью достоверности аппроксимации (Рис. 7). Таким образом, кондуктометрический метод представляется эффективным способом экспресс-анализа подземных вод изучаемого района.

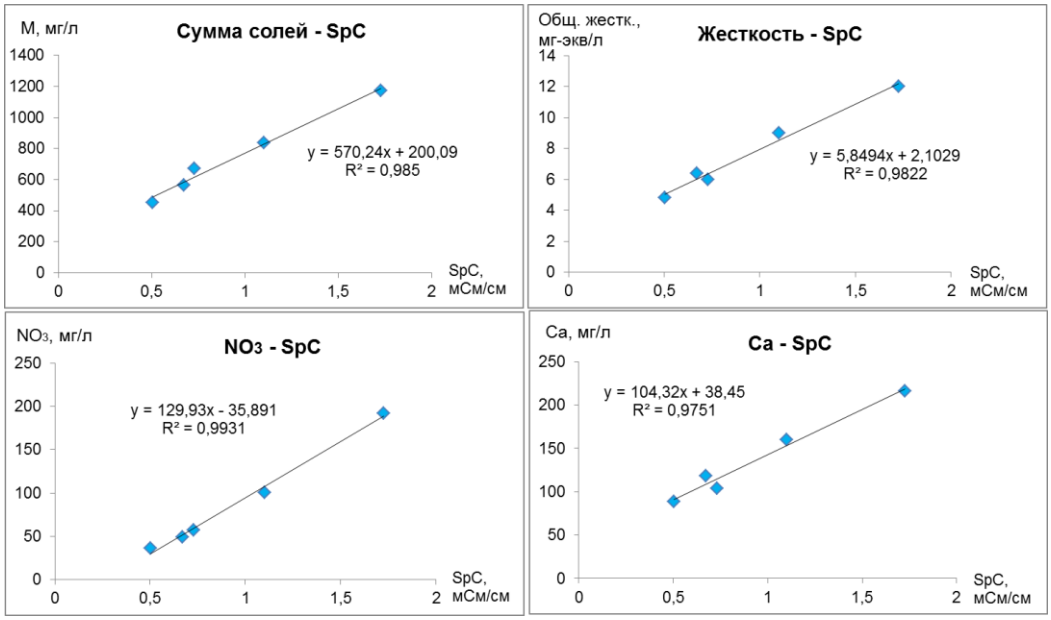


Рис. 7. Связь содержания отдельных ионов с удельной электропроводимостью воды (SpC).

Воды аллювиально-пролювиального горизонта имеют закономерное увеличение минерализации в направлении от верховьев Петровской балки к ее устью. По воде колодцев выявлена линейная зависимость расчетной минерализации от высотной отметки точки опробования, описываемая уравнением:

$$y = - 0{,}007x + 2{,}91 \ (R^2 = 0{,}96), \qquad (1)$$

где x – абсолютная высотная отметка, м н.у.м., y – минерализация TDS, г/л.

Изотопный состав. Изотопный состав подземных вод (рис. 8) ложится вдоль локальной линии метеорных вод (ЛЛМВ [12]). Все пробы, за исключением одной, оказались изотопически легче среднемноголетнего состава атмосферных осадков, выпадающих в г. Симферополе. Это означает, что питание подземных вод происходит преимущественно за счет изотопически «легких» осадков холодного периода года, тогда как «тяжелые» осадки теплого периода большей частью расходуются на эвапотранспирацию [13].

Изменчивость изотопного состава во времени показана на рис. 9. За период наблюдений наименьшее содержание тяжелых изотопов имеют воды источников «Петровский верхний» $\delta^{18}O$ = -9,2 ‰ и $\delta^{2}H$ = -62 ‰ и «Петровский фонтан» $\delta^{18}O$ = -9,1 ‰ и $\delta^{2}H$ = -63 ‰. Более тяжелый состав имеют источники «Петровские скалы» $\delta^{18}O$ = -8,7 ‰ и $\delta^{2}H$ = -59 ‰ и «Петровский нижний» $\delta^{18}O$ = -8,7 ‰ и $\delta^{2}H$ = -61 ‰.

Изотопный состав вод последних двух источников (особенно источника «Петровский нижний») схож с составом воды из водопровода, что указывает на преобладающую роль водопроводных утечек в питании указанных источников. В динамике содержания в водах источников $\delta^{18}O$ проявляется синхронность на протяжении практически всего срока наблюдений. По содержанию $\delta^{2}H$ явная синхронность наблюдается только между источниками «Петровский верхний» и «Петровский фонтан».

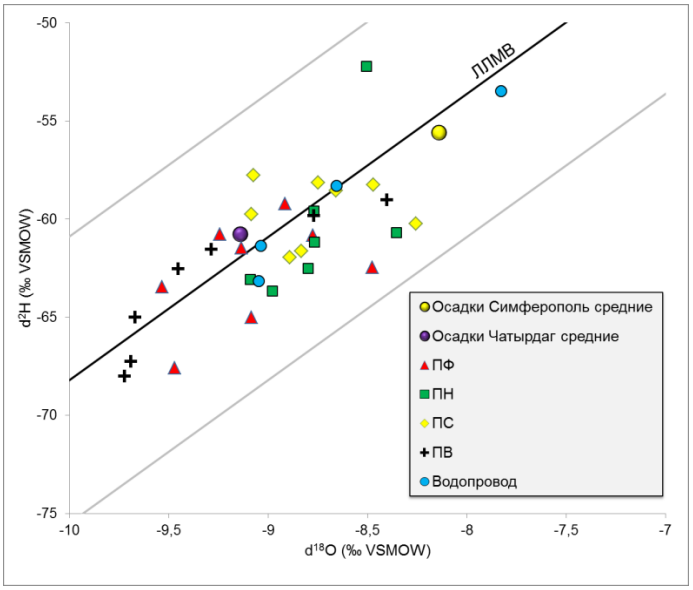


Рис. 8. Изотопный состав ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$) вод источников на локальной линии метеорных вод (ЛЛМВ) для северного склона Крымских гор (ЛЛМВ взята из [12], построена по результатам опробований за период 2010–2014 г.). Серыми линиями показан «коридор» ±1 ‰ $\delta^{18}O$.

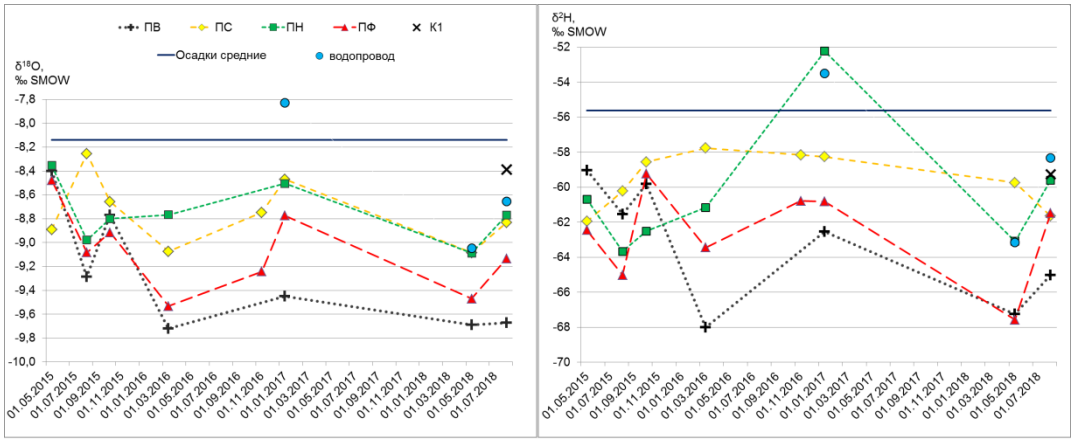


Рис. 9. Временные ряды изотопного состава ($\delta^{18}O$, $\delta^{2}H$) вод источников. Осредненный состав атмосферных осадков в Симферополе за период 2010–2014 г. по [12] (обозначения объектов по рис. 1).

Водный баланс. При величине естественной инфильтрации 46 мм/год [6], годовой объем подземного стока рассматриваемого водоносного горизонта в установленных границах должен составлять 152 тыс. $м^3$/год (4,8 л/с). В реальности естественная инфильтрация, по-видимому, ниже, так как при ливневых осадках поверхностный сток по Петровской балке быстро выводит воду в русло р. Салгир.

Современный сток только по источникам «Петровский нижний» и «Петровские скалы» составляет 20–25 л/с, существенно превышая расчет. Учитывая, что они, очевидно, дренируют менее 50 % площади водосбора, можно сделать вывод, что их сток на ~80–90 % формируется из антропогенных источников питания. Это соображение подтверждается наблюдениями за химическими и изотопными трассерами, а также аномально стабильным и растущим во времени расходом источников.

Рассматриваемые источники имеют минерализацию в 2–3 раза выше, чем водопроводная вода, и в 1,5–2 раза выше, чем сточные воды, а также характеризуются повышенным содержанием нитратов. Очевидно, значительная часть питания обусловлена децентрализованными бытовыми стоками. Последние имеют значительную агрессивность к вмещающим породам, что приводит к еще большему повышению их минерализации и существенному изменению в соотношении ионов.

Расположенный в верховье балки источник «Петровский верхний», имеющий по всем признакам исключительно естественное питание, позволяет оценить величину инфильтрации в ненарушенных условиях. На это указывает его низкая минерализация и «облегченный», по сравнению с другими источниками района, изотопный состав, сезонность динамики расхода с четкой реакцией на события обильных осадков. При площади водосбора ~0,07 $км^2$ и среднем расходе 0,1 л/сек расчетная инфильтрация составит ~45 мм/год, что совпадает с оценкой [6]. В ближайшее время область питания источника попадет в пределы строящегося

микрорайона «Петровские высоты», что позволит проследить техногенное воздействие.

Источник «Петровский фонтан» имеет наибольшую долю вклада бытовых стоков в химический состав (максимальные значения минерализации и содержания нитратов). В то же время, по изотопному составу он близок к источнику «Петровский верхний», имеющему питание за счет инфильтрации атмосферных осадков. Это предполагает смешанное естественно-антропогенное питание источника, что увязывается с прочими данными. В частности, повышение минерализации воды обусловлен, скорее всего, длительным временем контакта с известняками. На долгий путь фильтрации вод указывают их аномально стабильная температура и расход источника (с отсутствием реакции на ливневые выпадения). Водоносную систему, дренируемую источником, следует отнести к трещинно-пластовому типу.

ВЫВОДЫ

Мониторинг режима источников района Петровской балки, проведенный в течение 2014–2017 г., выявил следующие особенности.

Все наблюдавшиеся источники района, за исключением источника «Петровский верхний», имеют нарушенный режим, обусловленный их питанием из антропогенных источников: утечек из водопроводных систем, поливов приусадебных участков и бытовых стоков в связи с отсутствием канализационных коммуникаций. Нарушение режима отражается во внутригодовой стабильности расхода, повышенной минерализации и нитратном загрязнении. Одновременно, в многолетнем ряду наблюдений подземный сток постепенно увеличивается (например, источник «Петровский нижний» увеличил расход почти в 3 раза за три года). Преимущественно антропогенное питание источников фиксируется также по близости их изотопного состава (консервативная метка) к водопроводной воде. Для всех источников выявлена сезонная цикличность в ходе минерализации и температуры (за исключением источника «Петровский фонтан»): их максимальные значения наблюдаются в летне-осенний период, минимальные – в зимне-весенний. Доля антропогенного питания источников «Петровские скалы» и «Петровский нижний» оценивается на уровне 80–90%.

Для источника «Петровский верхний» естественный режим питания пока сохраняется. На это указывает 1) сезонность расходов, находящихся в противофазе с динамикой температуры и минерализации (время добегания от основной части области питания, исчисляется, по-видимому, несколькими месяцами); 2) наиболее легкий, среди остальных, изотопный состав воды источника соответствует преимущественному питанию в холодный период года. Таким образом, он может использоваться в качестве фонового объекта при мониторинге подземных вод изучаемого района.

Метод кондуктометрии показал высокую применимость для экспресс-определения как интегральных гидрохимических показателей (сумма ионов и общая жесткость), так и отдельных компонентов состава (содержание нитратов и иона кальция).

Мониторинг режима источников может быть использован как для фиксации текущего состояния подземных вод (с информированием населения), так и для количественной оценки антропогенного воздействия на них на фоне продолжающейся застройки территории.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Совета министров Республики Крым в рамках научных проектов 18-45-910007«р_а» и 19-45-910008 «р_а».

Список литературы

1. Амеличев Г.Н., Дмитриева А.Ю., Самохин Г.В. Гипогенный карст Симферополя (Предгорный Крым) и его эволюция // Спелеология и карстология. 2012. Вып. 8. С. 50–62.
2. Амеличев Г.Н. Формирование и режим карстовых вод в междуречье Большого и Малого Салгира (Симферополь, Республика Крым) // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2017. Т.3 (13). Вып. 2. С. 21–38.
3. Амеличев Г.Н. Подземные карстовые воды в верхнем течении р. Абдалка (Симферополь, Предгорный Крым) // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2018. Том 4 (70). № 4. С. 251–267.
4. Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Токарев И.В. Формирование и режим карстовых подземных вод в бассейне р. Абдалка (Предгорный Крым) // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Том 5 (71). № 2. С. 202-233.
5. Двойченко П.А. Геологические разрезы артезианских скважин г. Симферополя. Симферополь, 1927. 29 с.
6. Дублянская Г.Н., Дублянский В.Н. Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопление. Пермь: Изд-во ПГУ, 1998. 204 с.
7. Кальфа Т.Ф. Экологическое состояние подземных вод Симферополя // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «География». 2007. Т. 20 (59). № 2. С. 188–193.
8. Климчук А.Б., Тимохина Е.И., Амеличев Г.Н., Дублянский Ю.В., Шпётль К. Гипогенный карст Предгорного Крыма и его геоморфологическая роль. Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. 203 с.
9. Важов В.И. Целебный климат. Симферополь: Таврия, 1979. 80 с.
10. Ведь И.П. Климатический атлас Крыма. Симферополь: Таврия-Плюс, 2000. 120 с.
11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия, вып. 4. Крым. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 343 с
12. Dublyansky Y.V., Klimchouk A.B., Tokarev S.V., Amelichev G.N., Langhamer L., Spötl C. Stable isotopic composition of atmospheric precipitation on the Crimean Peninsula and its controlling factors // Journal of Hydrology. 2018. Vol. 565. P. 61–73.
13. Дублянский Ю.В., Климчук А.Б., Амеличев Г.Н., Токарев С.В., Шпётль К. Изотопный состав атмосферных осадков и карстовых источников северо-западного склона Крымских гор // Спелеология и карстология. 2012. № 9. С. 14–21.

HYDROCHEMICAL AND HYDRODYNAMIC FEATURES OF KARST GROUNDWATER IN THE SOUTH-EAST PART OF SIMFEROPOL UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC DISTURBANCE

Tokarev S.V.[1], Amelichev G.N.[1], Tokarev I.V.[2]

[1] V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Taurida Academy, Simferopol, Russian Federation
[2]Saint Petersburg University, Research Park, Saint Petersburg, Russian Federation
E-mail: tokcrimea@list.ru

The subject of this article is a monitoring of the groundwater resurgences within the Eocene cuesta of the Inner Ridge of the Crimean mountains between Salgir river and Petrovsky ravine (South-East part of Simferopol city). The goal of the work is to clarify the current conditions of recharge and discharge/exploitation of groundwater in the Petrovsky ravine area. Monitoring revealed the hydrodynamic, hydrochemical, isotopic and thermal conditions to determine the degree of anthropogenic transformation of the runoff. The results of observation form the basis for water-balance calculations and hydrogeological modeling of similar basins. They are also necessary for assessment of the condition of groundwater as an indicator of the pollution of the geological environment. Since the groundwater of the considered region are mainly of the karst type, the study of their regime is also important for assessment of the intensity of the karst process, which is an actual problem for urban areas.

Monitoring was carried out during the period of 2014-2017 years and includes the measurement of flow rates, temperature, electrical conductivity, analysis of ionic and isotopic (δ18O and δ2H) water composition. The main objects of observation are springs Petrovsky Fountain, Petrovsky Lower, Petrovsky Rocks and Petrovsky Upper. Despite a generally similar background, the regimes of individual springs have individual features of the time series of temperatures, mineralization and isotopic composition of waters.

All the observed springs of the area, with the exception of the Petrovsky Upper spring, have a disturbed regime due to their recharge from anthropogenic sources: leaks from water supply systems, irrigation of household plots and domestic wastewater due to the lack of sewer communications. Disturbance of the regime is reflected in intra-annual stability, increased mineralization and nitrate pollution. At the same time, in the long-term series of observers, the underground flow is gradually increasing. So, for example, the spring "Petrovsky Lower" increased discharge by almost 3 times in three years.

Mostly anthropogenic recharge of the observed springs is also determined by the proximity of their isotopic composition to the tap water. For all springs, seasonal variability was revealed in time series of their mineralization and temperature: maximum values are observed in the summer-autumn period, and the minimum values are observed in the winter-spring period. An exception is the Petrovsky Fountain spring, the temperature regime of which does not have seasonal variability. The contribution of anthropogenic sources in recharge of the springs Petrovsky Rocks and Petrovsky Lower is estimated at 80–90%.

The Petrovsky Upper spring still preserves its natural recharge regime. Thus, it can be used as an object for background monitoring of groundwater of the study area.

The conductometry method showed high applicability for express determination of both integral hydrochemical parameters (total dissolved solids and total hardness) and individual components of the composition (content of nitrates and calcium ion).

Monitoring of the springs regime can be used both to reveal the current condition of groundwater and to quantify the anthropogenic impact on them under conditions of ongoing development of the territory.

Keywords: groundwater, karst spring, Simferopol, specific conductivity, seasonality, anthropogenic recharge, water pollution, isotopic composition, disturbed regime.

References

1. Amelichev G.N., Dmitrieva A.Ju., Samokhin G.V. Gipogennyj karst Simferopolja (Predgornyj Krym) i ego jevoljucija (Hypogene karst of Simferopol (Piedmont Crimea) and its evolution). Speleologija i karstologija, 2012, no 8, pp. 50–62. (In Russian).
2. Amelichev G.N. Formirovanie i rezhim karstovyh vod v mezhdurech'e Bol'shogo i Malogo Salgira (Simferopol', Respublika Krym) (Formation and regime of karst waters in the interfluve of the Large Salgir and the Small Salgir rivers (Simferopol, Crimea). Geopolitika i ekogeodinamika regionov, 2017, vol. 3 (13), no 2, pp. 21–38. (In Russian).
3. Amelichev G.N. Podzemnye karstovye vody v verhnem techenii r. Abdalka (Simferopol', Predgornyj Krym) (Karst groundwater in the upper reach of Abdalka river (Simferopol, the Crimean Piedmont). Uchjonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija, 2018, vol. 4 (70), no 4, pp. 251–267. (In Russian).
4. Amelichev G.N., Tokarev S.V., Tokarev I.V. Formirovanie i rezhim karstovyh podzemnyh vod v bassejne r. Abdalka (Predgornyj Krym) (Formation and regime of karst groundwater in the basin of Abdalka river (Piedmont Crimea). Uchjonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija, 2019, vol. 5 (71), no. 2. pp. 202–233. (In Russian).
5. Dvojchenko P.A. Geologicheskie razrezy artezianskih skvazhin g. Simferopolja (Geological cross-sections of artsian boreholes of Simferopol), Simferopol, 1927, 29 p. (In Russian).
6. Dubljanskaya G.N., Dubljansky V.N. Teoreticheskie osnovy izuchenija paragenezisa karst-podtoplenie (Theoretical bases of karst-flooding paragenesis study). Perm': PSU (Publ.), 1998, 204 p. (In Russian).
7. Kal'fa T.F. Ekologicheskoe sostojanie podzemnyh vod Simferopolja (Ecological condition of groundwater of Simferopol). Uchjonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografija. Geologija, 2007, vol. 20 (59), no 2, pp. 188–193. (In Russian).
8. Klimchouk A.B, Tymokhina E.I., Amelichev G.N, Dublyansky Y.V., Spötl C. Gipogennyj karst Predgornogo Kryma i ego geomorfologicheskaja rol' (The hypogene karst of the Crimean Piedmont and its geomorphological role), Simferopol, DIP (Publ.), 2013, 203 p. (In Russian).
9. Vazhov V.I. Celebnyj klimat (Healing climate). Simferopol: Tavria (Publ.), 1979, 80 p. (In Russian).
10. Ved' I.P. Klimaticheskij atlas Kryma (Climatic atlas of Crimea), Simferopol, Tavria-Plus, 2000, 120 p.
11. Resursy poverhnostnyh vod SSSR. T.6. Ukraina i Moldavija, vyp. 4. Krym (Resources of surface water of the USSR. V.6. Ukraine and Moldova. Iss.4. Crimea), Leningrad, Gydrometeoizdat, 1966, 343 p.
12. Dublyansky Y.V., Klimchouk A.B., Tokarev S.V., Amelichev G.N., Langhamer L., Spötl C. Stable isotopic composition of atmospheric precipitation on the Crimean Peninsula and its controlling factors. Journal of Hydrology, 2018, vol. 565, pp. 61–73.
13. Dubljansky Y.V., Klimchouk A.B., Amelichev G.N., Tokarev S.V., Spötl C. Izotopnyj sostav atmosfernyh osadkov i karstovyh istochnikov severo-zapadnogo sklona Krymskih gor (Isotopic composition of atmospheric precipitation and karst springs of the North-Western slope of the Crimean mountains). Speleologija i karstologija, 2012, no 9, pp. 14–21. (in Russian).

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 219–229.

УДК 550.8.056

ВОЗМОЖНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В КАРБОНАТНЫХ РАЗРЕЗАХ НА ПРИМЕРЕ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Эльжаев А.С. [1]***, Александров Б.Л.*** [2]***, Окс Л.С.*** [3]***, Эзирбаев Т.Б.*** [1,4]

[1]*Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова*
[2]*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина*
[3]*Кубанский государственный университет*
[4]*Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН*
E-mail: timersno@mail.ru

В статье рассмотрены методические подходы при выделении коллекторов и оценке характера их насыщения по комплексу геофизических и геолого-технологических исследований в сложнопостроенных карбонатных разрезах мезозойских отложений Предкавказья (верхнемеловые и верхнеюрские отложения в Восточном и верхнеюрские отложения в Западном Предкавказье).
Ключевые слова: карбонатные отложения, трещиноватость, кавернозность, нефтегазонасыщение, методы электрометрии, Предкавказье.

ВВЕДЕНИЕ

При бурении поисково-разведочных скважин основными задачами являются выделение коллекторов и определение характера их насыщения.

Выделение коллекторов с вторичной пористостью и оценка характера их насыщения в карбонатных разрезах являются сложными задачами, и поэтому в каждом регионе пытаются решать их самостоятельно с учетом особенностей коллекторов. В Предкавказье накоплен значительный опыт решения этих вопросов особенно при разбуривании в Восточном Предкавказье верхнемеловой карбонатной толщи с трещинно-кавернозным типом коллектора как по геолого-гидродинамическим [11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20], так и по геофизическим [1, 4, 5, 6, 9, 10, 17, 18, 19, 20, 21] данным и верхнеюрской карбонатной толщи в Западном и Восточном Предкавказье [2, 3, 7].

Отложения верхнего мела Восточного Предкавказья представлены относительно мощной (до 600 м) толщей известняков. В разрезе преобладают коллекторы с вторичной пористостью, фильтрационные свойства которых определяются развитой системой тектонических трещин и каверн. Колебание пористости по разрезу от 0,5 до 20% обеспечивает значительное изменение удельных сопротивлений и высокую дифференциацию кривых НГК. Низкая глинистость пород является причиной устойчивости отрицательных амплитуд аномалий ПС, приуроченных к отложениям маастрихтского, сантонского и туронского ярусов, и очень низкими значениями кривой ГК, повышающимися против отложений датского, части кампанского и сеноманского ярусов из-за повышенного содержания в этих породах глинистого материала. Анализ геолого-геофизических особенностей и опыт интерпретации промыслово-геофизических материалов позволяют считать, что в исследуемых породах распространены

трещинные, трещинно-кавернозные и трещинно-кавернозно-поровые коллекторы [11-15, 19, 20].

Глубокозалегающие карбонатные коллекторы юры как Западного, так и Восточного Предкавказья разнообразны по структуре пустот и характеру насыщения. Наряду с плотными бесприточными породами в строении принимают участие поровые и кавернозно-трещинные коллекторы, насыщенные газом, водой и нефтью. Для известняков и мергелей юрских отложений Предкавказья характерно развитие вторичных процессов в виде перекристаллизации, доломитизации и выщелачивания. В непроницаемых и слабопроницаемых породах карбонатного комплекса распределены биогермы, сложенные биогенными и органогенно-обломочными известняками. Эти породы, наряду с породами с повышенной и укрупненной остаточно-седиментационной пористостью обладают литологической трещиноватостью и являются эффективными поровыми и порово-трещинными коллекторами [2, 3, 7]. Образуемые ими резервуары чаще локальны, гидродинамически изолированы и характеризуются аномально-высокими пластовыми давлениями. В юрских отложениях Предкавказья выделяются и зоны крупных биогерм, к которым приурочены резервуары с повышенной ёмкостью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выделения преимущественно трещинных коллекторов используются специализированные диагностические признаки и следующие геофизические показатели:

- пониженное (ниже критического) на фоне плотных пород кажущееся сопротивление, фиксируемое на диаграммах БК и БКЗ, необъяснимое увеличением глинистости пород (увеличением J_γ) или блоковой пористости;

- повышенная, по сравнению с интервалами плотных пород, неоднородность диаграмм БК, отражающая вертикальную расчлененность разреза трещиноватыми прослоями. Расчлененность карбонатного разреза количественно характеризуют «коэффициентом средней вертикальной расчлененности объекта»

$$P = \frac{П_{экстр}}{H}, \quad (1)$$

где $П_{экстр}$ – число экстремумов на диаграмме БК в интервале Н.

Коэффициент Р показывает среднюю частоту чередования слоёв с различной трещиноватостью. Так, например, в скважинах Кошехабльской площади в Западном Предкавказье, давших промышленные притоки газа, он составляет 0.85-1.83, а в разрезах скважин с непромышленными и слабыми притоками 0.27-0.85;

- наличие в пласте вторичной пористости, определяемой как разность между общей ($К_{поб}$) и блоковой ($К_{пбл}$) пористостью $К_{пвт}= К_{поб} - К_{пбл}$. Оценки $К_{поб}$ и $К_{пбл}$ по разным геофизическим методам часто расходятся вследствие погрешностей и неодинакового влияния вторичной пористости на различные геофизические параметры. Это приводит к противоречиям в оценках $К_{пвт}$. Для их устранения целесообразно определять $К_{поб}$ как среднеарифметическое между $К_п^{ННК}$, $К_п^{НГК}$, $К_п^{ГГК}$,

а $К_{пбл}$ – как среднеарифметическое между $К_п^{БК}$ и $К_п^{АК}$. Как показывает практика, пласты, слагающие разрез любой карбонатной толщи, характеризуются как положительными, так и отрицательными значениями $К_{пвт}$. Поскольку последние фиктивны, то, в силу закономерной симметрии случайных погрешностей, положительные значения $К_{пвт}$ того же диапазона также могут быть фиктивными. Это подтверждает симметрия распределения $К_{пвт}$ в беспроточных толщах. Таким образом, достоверным показателем наличия вторичной пористости является её величина, количественно превышающая диапазон фиктивных значений, установленный в плотных породах (более 1-1,5 %);

- смещение точек на графиках сопоставления данных электрокаротажа и каротажа пористости (АК, НК, ГГК) в сторону уменьшения сопротивления относительно линии плотных «гранулярных» пород. Разновидностью указанного подхода к выделению трещинных коллекторов является способ, основанный на оценке структурного коэффициента «m» в выражении для относительного сопротивления, определенного путем использования графика сопоставления $\rho_п = f(\Delta T)$ с координатами $\lg\rho_п$, $\lg(\Delta T - \Delta T_{ск})$, построенного в билогарифмическом масштабе (рис.1).

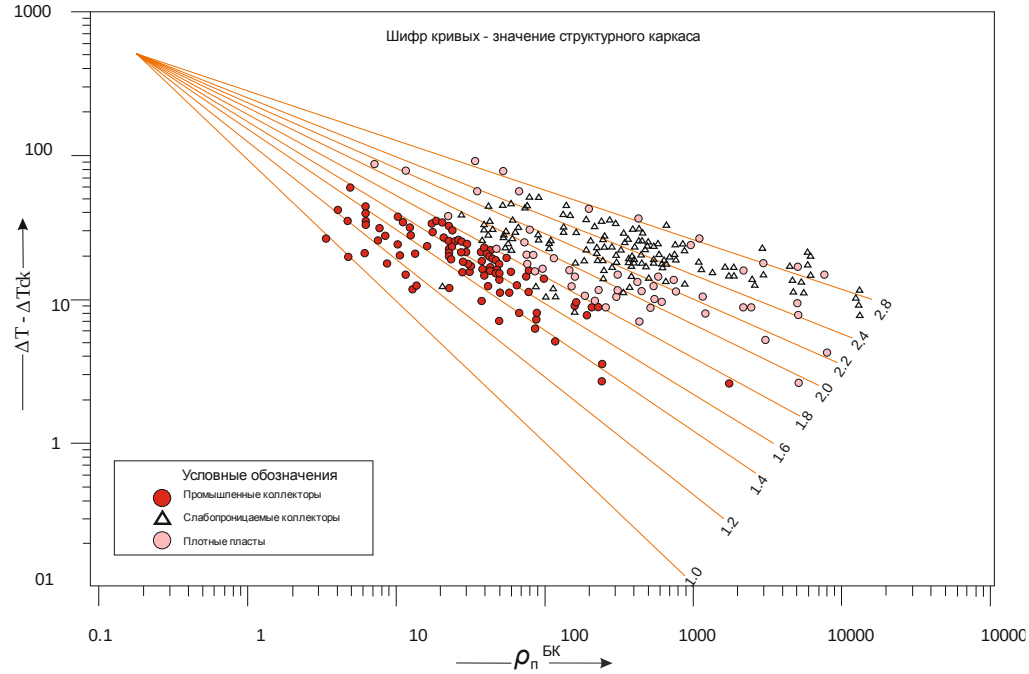


Рис. 1. Сопоставление результатов обработки акустического и электрического каротажа по скв. №2 пл. Хадыженская

Значение «m» при a=1 может быть оценено как тангенс угла наклона прямой линии к оси абсцисс. По расположению фактических точек на графике относительно семейства кривых с различным структурным показателем можно

ориентировочно оценить степень трещиноватости разреза. Анализ данных обработки показывает (рис.1), что значительные притоки флюида соответствуют интервалам с пониженными значениями коэффициента m=1.2-1.6. Интервалы, характеризующиеся значениями структурного коэффициента m= 1.8, соответствуют слабым притокам флюида или отсутствием его при испытании;

- большой объем информации о трещиноватости пород дают нарушения осей синфазности, вплоть до полной потери сигнала, фиксируемые на ФКД по акустическому каротажу. В бесприточных интервалах разреза, а также в интервалах поровых коллекторов существенные нарушения фазовой корреляции не отмечаются.

Приведенная совокупность геофизических показателей не всегда позволяет уверенно и однозначно выделять в разрезе трещинные коллекторы. Поэтому наряду с ними рекомендуется привлекать показатели трещиноватости, реализуемые с помощью геологических, геохимических, геолого-технологических и гидродинамических исследований. Исходные данные для их реализации содержатся в материалах описания кернов и шлифов, газового каротажа, оперативных, суточных и ежечасных геологических сводках и документах станций геолого-технологических исследований (ГТИ), а именно:

- повышенная скорость механического бурения, реализуемая путем построения пометровых диаграмм продолжительности проходки;

- поглощения буровых растворов в процессе бурения и возникающая при интенсивном поглощении потеря циркуляции.

Перспективными для решения задачи выделения нефтегазонасыщенных интервалов среди коллекторов с вторичной пористостью являются временные исследования большими зондами электрометрии и разноглубинные методы электрометрии, том числе боковой каротаж.

Практический опыт применения временных исследований методами электрометрии, особенно в разрезах с высоким электрическим сопротивлением, свидетельствует о целесообразности использования больших зондов (A8M1N, A16M1N, A32M1N). Однако известно, что глубинность обычных градиент-зондов электрометрии существенно зависит от величин сопротивлений пород и соотношения $\rho_п/\rho_с$.

Для обоснованного подхода к срокам проведения первого замера после вскрытия карбонатных трещинных разрезов нами проведены следующие исследования:

- используя сводные палетки БКЗ построены графики зависимости глубины исследования различных зондов (R) от отношения $\rho_п/\ \rho_с$.

- построены графики зависимости глубины проникновения фильтрата раствора от времени его фильтрации. При этом использовалось гидродинамическое уравнение вытеснения нефти водой при плоскорадиальном потоке жидкости.

Большинство исходных данных принималось исходя из опыта разведки и эксплуатации верхнемеловых карбонатных трещиноватых коллекторов. Толщина глинистой корки принималась равной 0,2 и 0,5 см условно, считая, что на такую глубину возможна закупорка трещин частицами глинистого раствора.

Проницаемость глинистой корки определялась в лабораторных условиях при перепаде давления 1 атм. и температуре 20 ˚С при разной толщине глинистой корки (h) и для h = 0,2см при Δр = 50 атм. и температуре 112 ˚С. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1.

h, см	**t, мин**	**μ, сп**	**Q, см^3**	**Δр, атм.**	**t, ^{O}C**	**S, см^2**	**К$_{пр1}$,млД**
0,2	3	1	300	1	20	44,15	7,5
0,4	9	1	300	1	20	44,15	5
0,8	30	1	28	1	20	44,15	0,28
0,2	18	0,25	4	50	112	23,74	0,00016

Как видно, с увеличением перепада давления и температуры резко снижается проницаемость глинистой корки, асимптотически стремясь к некоторому предельному значению. Вероятно, $К_{пр1}$ = 0,00016 млД является нижним пределом проницаемости глинистой корки в пластовых условиях.

Для пород различного модуля $\rho_п/\rho_с$ глубина исследования зонда A8M1N (R) и время проникновения фильтрата на эту глубину изменяются в следующем соотношении (табл. 2):

Таблица 2.

$\rho_п/\rho_с$	**R, м**	**К$_{пр1}$=0,00016 млД**	**К$_{пр1}$ =0,001 млД**	**К$_{пр1}$=0,01 млД**
10	6	10-240 суток	2-40 суток	1-10 суток
100	2,6	1,5-47 суток	1,2–8 суток	0,2-2 суток
500	1,25	0,4-11 суток	max 2 суток	max 0,5 суток
1000	0,9	0,2-6 суток	max 1 сутки	max 0,25 суток

Для карбонатных пород среднего диапазона сопротивлений (20-200 Ом·м) при $\rho_с^t$ = 0,2-0,4 Ом·м наиболее вероятен диапазон изменения $\rho_п/\rho_с$= 50-1000. Следовательно, для определения сопротивления породы, незатронутой проникновением фильтрата бурового раствора в этих условиях, необходимо проведение первого замера зондом A8M1N не позже 3-5 суток (в среднем) после вскрытия проницаемого пласта. В случае же проведения замеров через каждые 100 м проходки разреза можно ожидать положительный результат только для нижних нескольких десятков метров. Для верхней части разреза эффект будет незначительным или его не будет. Это же подтверждается и данными проведенных временных исследований. В связи с этим, даже в условиях диапазона относительных сопротивлений $\rho_п/\rho_с$= 50-1000 и большего диапазона необходимо применение градиент-зондов большего размера, например, A16M1N или даже A32M1N, глубинность исследования которых соответственно больше. Таким

образом, выполнение указанных условий будет способствовать повышению геологической эффективности геофизических исследований карбонатных разрезов трещинных пород, однако, следует иметь в виду, что чем больше длина зонда, тем менее дифференцируется разрез по сопротивлению за счет осреднения электрических свойств толщи пород, находящихся в пределах этой длины зонда. В связи с этим, применение разноглубинных методов бокового каротажа имеет большие перспективы. Радиальное нарастание КС в газоносных пластах и (менее контрастно) уменьшение КС в водоносных, фиксируются разноглубинным БК. При этом сопоставление показаний малого и большого зондов более информативно, чем среднего и большого (рис.2).

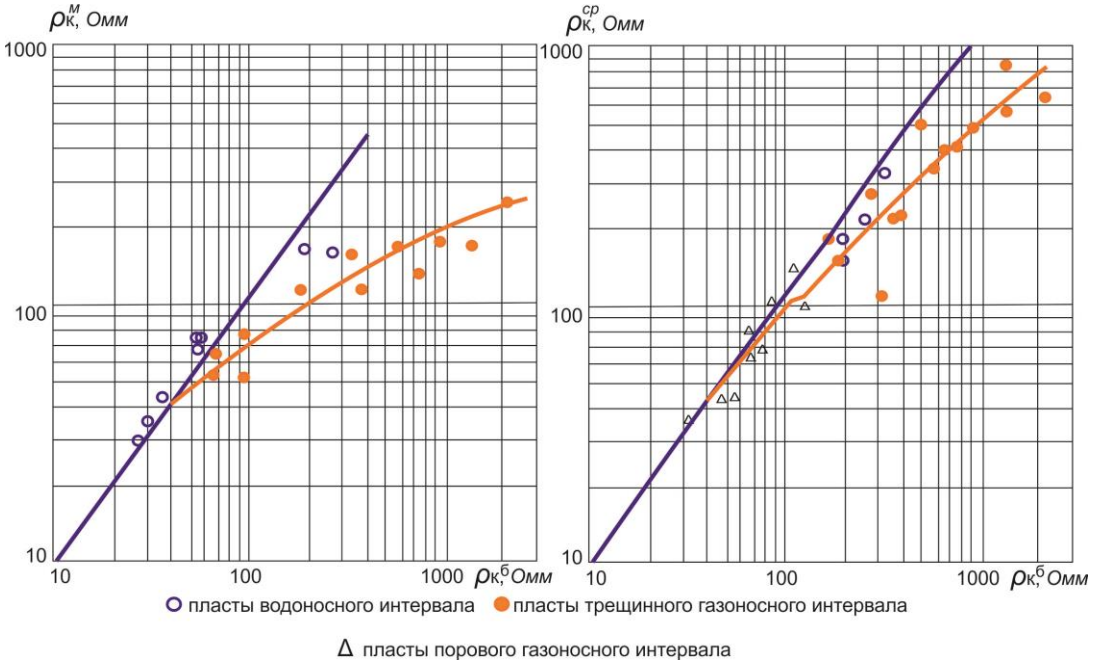


Рис. 2. Сопоставление сопротивлений зарегистрированных разноглубинными замерами БК (Э-9) в карбонатных отложениях юры, скв. №2 пл. Хадыженская

Для выделения газонасыщенных поровых коллекторов в карбонатном разрезе юры используются двумерные дисбалансы пористости: $2\Delta К_п^{ГИС} = К_п^{АК} - К_п^{БК}$, $К_п^{АК} - К_п^{НГК}$, $К_п^{АК} - К_п^{ННК}$, $К_п^{ГГК} - К_п^{БК}$, $К_п^{ГГК} - К_п^{НГК}$, $К_п^{ГГК} - К_п^{ННК}$. Установлено, что наиболее контрастно реагирует на газ дисбаланс пористости $2\Delta К_п^{ГИС} = К_п^{АК} - К_п^{ННК}$, причем в диапазоне изменения $2\Delta К_п^{ГИС} > 4\%$ – вероятность выделения газонасыщенного пласта возрастает до 95-100% (табл. 3, рис. 3, 4)

Таблица 3

Значения «газовых» и «ложных» дисбалансов $К_п$

Дисбалансы	Интервалы газоносных коллекторов		Бесприточные интервалы	
	Пределы вариации,(%)	Средние, (%)	Пределы вариации,(%)	Средние, (%)
$К_п^{АК}$-$К_п^{БК}$	(-2,4)-(+8,2)	+3,9	(-1,7)-(+3,1)	+0,07
$К_п^{АК}$-$К_п^{НГК}$	(-4)-(+11,1)	+3,0	(-2,9)-(+2,4)	-0,05
$К_п^{АК}$-$К_п^{ННК}$	(-2,2)-(+16,3)	+4,0	(-1,3)-(+2,3)	+0,05

Рис. 3 Диагностика газоносных коллекторов по данным сопоставления диаграмм $Кп^{ГИС}$ в скв. №2 пл. Хадыженская

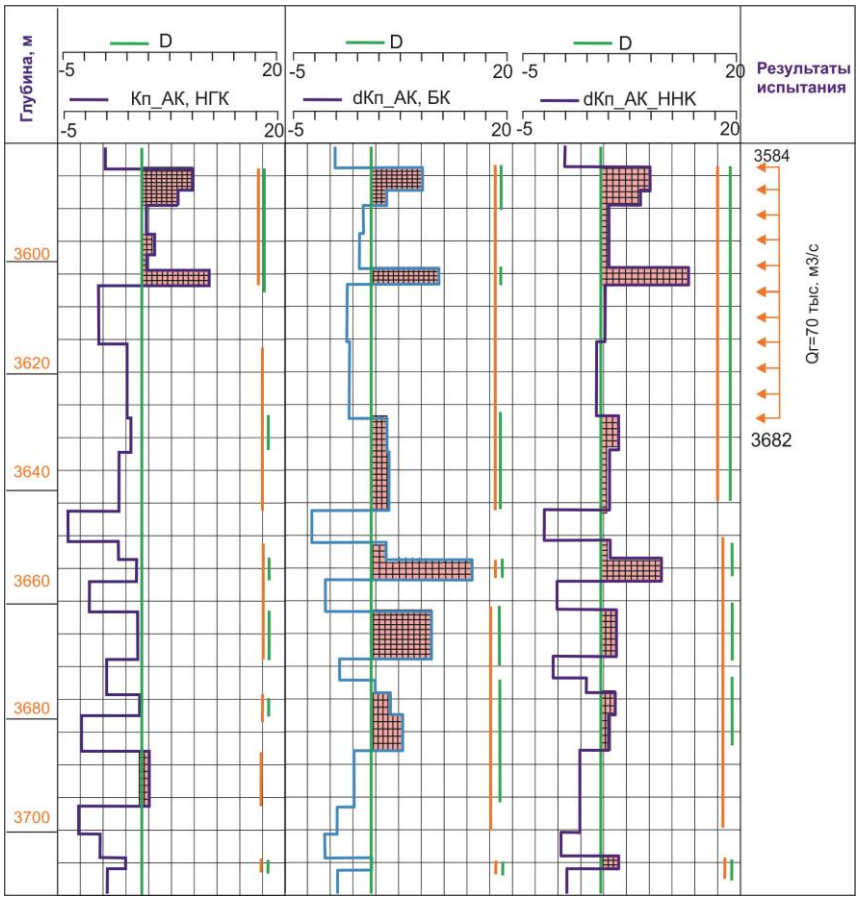


Рис. 4 Диагностика поровых газоносных коллекторов по диаграммам дисбалансов пористости в скв. №2 пл. Хадыженская

ВЫВОДЫ

Разрешающая способность совокупности приведённых диагностических показателей достаточна для выделения всего природного разнообразия коллекторов, определения характера их насыщения и решения задач поисковых и разведочных скважин.

Для повышения достоверности выделения нефтегазонасыщенных коллекторов в мезозойских карбонатных толщах Предкавказья необходимо совместное использование всей имеющейся по скважине и площади геолого-геофизической и прогнозной информации.

Список литературы

1. Александров Б.Л. Изучение карбонатных коллекторов геофизическими методами. М.: Недра, 1979. 199 с.
2. Александров Б.Л. Комплексное изучение юрских отложений Восточного Предкавказья в связи с оценкой их коллекторских свойств и нефтенасыщенности: автореферат дис. канд. геол.-минер. наук: 04.00.12: Грозный, ГНИ,1968. 21с.
3. Александров Б.Л. Коновалов В.И., Житский П.Я., Николенко К.К. Комплексная оценка емкости и нефтеотдачи карбонатных отложений валанжинского яруса месторождения Заманкул // Геология нефти и газа. 1972. №5. С.19-24.
4. Александров Б.Л. Оценка емкостных параметров карбонатных мезозойских пород ЧИАССР на больших глубинах по промыслово-геофизическим данным. Тр. СевКавНИПИнефть, выпуск XIII. Геология и нефтегазоносностьВосточногоПредкавказья. Грозный, 1973, С.300-308.
5. Александров Б.Л. Результаты опробования метода двух растворов в условиях глубоких скважин Передовых хребтов Северо-Восточного Предкавказья. Тр. ГНИ, Грозный, выпуск №29, 1968.
6. Александров, Б.Л. Экспериментальные исследования влияния фильтрации раствора в трещинах на сопротивление карбонатной породы // Нефть и газ. 1973. №6. С.21-25.
7. Алексеев, А.А. Оценка пористости верхнеюрских карбонатных отложений Западного Предкавказья по комплексу ГИС / А.А. Алексеев, Р.И. Клюкина, С.В. Беляев // Научно-технический вестник «Каротажник». Выпуск №1(178). Тверь 2008. С. 40-52.
8. Багов М.С., Цой В.И. Определение трещинной пористости в образцах известняков. Разработка нефтяных месторождений. М., Недра, 1965, С.136-138.
9. Брагина Л.П., Кулигин А.А. Определение средних гармонических сопротивлений по диаграммам каротажа скважин. Материалы изучения мезозойских залежей нефти Восточного Предкавказья. Тр.СевКавНИПИнефти. Грозный.: Гостоптехиздат, 1971, Вып. 10, С.320-325.
10. Брагина Л.П. Приближенный способ оценки коэффициента трещинной пористости пород по данным электрического каротажа скважин. Геология и нефтегазоносность ВосточногоПредкавказья. Тр. СевКавНИПИнефти. Грозный: Гостоптехиздат, 1973, Вып. 13, С. 291-294.
11. Булач М.Х. О трещиноватости меловых отложений Чечено-Ингушской АССР в связи с изучением их коллекторских свойств. Исследование трещиноватых горных пород и их коллекторских свойств. Тр. ВНИГРИ. Л.: Гостоптехиздат, 1961, Вып. 165, С. 89-128.
12. Булач М.Х., Каплан М.Е. Результаты изучения трещиноватости верхнемеловых пород на Северо-Восточном Кавказе. Трещиноватость горных пород и трещинные коллекторы. Тр. ВНИГРИ. Л.: Гостоптехиздат, 1962, Вып. 193, С.30-54.
13. Котяхов Ф.И. Об определении коэффициента трещиноватости пород по кривым восстановления давления в скважинах // Геология нефти и газа. 1962. №6. С. 7-11.
14. Котяхов Ф.И., Серебреников С.А. Оценка определения трещин в коллекторах нефти и газа при помощи глубинного фотографирования // Геология нефти и газа. 1964. №2. С.7-12.
15. Котяхов Ф.И. Методика определения коллекторских свойств горных пород по результатам анализа керна и гидродинамических данных. М.; Недра, 1975, 112с.
16. Тхостов Б.А., Везирова А.Д., Вендельштейн Б.Ю., Добрынин В.М. Нефть в трещинных коллекторах / Под ред. М.Ф.Мирчинка. Л.; 1970, 214с.
17. Нечай А.М. Оценка продуктивности и коллекторских свойств трещиноватых карбонатных пород / Прикладная геофизика. Вып. 26. М.: Гостоптехиздат, 1960, С. 149-185.
18. Нечай А.М. Изучение трещинных коллекторов методами промысловой геофизики / Разведочная геофизика. Вып. 36. М.: Недра, 1969, С. 111-126.
19. Труды Всесоюзного совещания по трещинным коллекторам нефти и газа (Ленинград, 23-27 мая 1960г). Л.: Гостоптехиздат, 1961, 327 с.
20. Труды II Всесоюзного совещания по трещинным коллекторам нефти и газа. М.:Недра, 1965, 505 с.
21. Эйдман И.Е., Финкельштейн Е.Н. К вопросу об определении коллекторских свойств карбонатных пород геофизическими методами / Прикладная геофизика. М.: Недра,1960, Вып. 28, С. 145-153.

POSSIBILITIES FOR DETERMINING PRODUCTIVE COLLECTORS IN CARBONATE SECTIONS ON THE EXAMPLE OF MESOZOIC DEPOSITS OF THE CAUCASUS

Elzhaev A.S. [1]***, Aleksandrov B.L.*** [2]***, Oks L.S.*** [3]***, Ezirbaev T.B.*** [1,4]

[1]***Grozny State Oil Technical University Acad. M.D. Millionschikova***
[2]***Kuban State Agrarian University I.T. Trubilina***
[3]***Kuban State University***
[4]***Integrated Research Institute. H.I. Ibragimova RAS***
E-mail: timersno@mail.ru

The article discusses methodological approaches to the allocation of reservoirs and assessment of the nature of their saturation by a complex of geophysical, geological and technological studies in complex carbonate sections of the Mesozoic sediments of the Ciscaucasia (Upper Cretaceous and Upper Jurassic deposits in the East and Upper Jurassic deposits in the Western Ciscaucasia).
Keywords: carbonate deposits, fracturing, cavernousness, oil and gas saturation, electrometry methods, Ciscaucasia.

References

1. Aleksandrov B.L. Izuchenie karbonatnyh kollektorov geofizicheskimi metodami. M., Nedra, 1979, 199 p.
2. Aleksandrov B.L. Kompleksnoe izuchenie jurskih otlozhenij Vostochnogo Predkavkaz'ja v svjazi s ocenkoj ih kollektorskih svojstv i neftenasyshhennosti: PhD thesis: 04.00.12: Groznyj, GNI,1968, 21p.
3. Aleksandrov B.L. Konovalov V.I., Zhitskij P.Ja., Nikolenko K.K. Kompleksnaja ocenka emkosti i nefteotdachi karbonatnyh otlozhenij valanzhinskogo jarusa mestorozhdenija Zamankul. Geologija nefti i gaza, 1972, no 5, pp.19-24.
4. Aleksandrov B.L. Ocenka emkostnyh parametrov karbonatnyh mezozojskih porod ChIASSR na bol'shih glubinah po promyslovo-geofizicheskim dannym. Tr. SevKavNIPIneft', vypusk XIII. Geologija i neftegazonosnost'VostochnogoPredkavkaz'ja. Groznyj, 1973, pp.300-308.
5. Aleksandrov B.L. Rezul'taty oprobovanija metoda dvuh rastvorov v uslovijah glubokih skvazhin Peredovyh hrebtov Severo-Vostochnogo Predkavkaz'ja. Tr. GNI, Groznyj, vyp. 29, 1968.
6. Aleksandrov, B.L. Jeksperimental'nye issledovanija vlijanija fil'tracii rastvora v treshhinah na soprotivlenie karbonatnoj porody. Neft' i gaz, 1973, no 6, pp.21-25.
7. Alekseev, A.A. Ocenka poristosti verhnejurskih karbonatnyh otlozhenij Zapadnogo Predkavkaz'ja po kompleksu GIS / A.A. Alekseev, R.I. Kljukina, S.V. Beljaev. Nauchno-tehnicheskij vestnik «Karotazhnik», Vyp. No 1(178). Tver' 2008. S. 40-52.
8. Bagov M.S., Coj V.I. Opredelenie treshhinnoj poristosti v obrazcah izvestnjakov. Razrabotka neftjanyh mestorozhdenij. M., Nedra, 1965, S.136-138.
9. Bragina L.P., Kuligin A.A. Opredelenie srednih garmonicheskih soprotivlenij po diagrammam karotazha skvazhin. Materialy izuchenija mezozojskih zalezhej nefti Vostochnogo Predkavkaz'ja. Tr.SevKavNIPInefti. Groznyj.: Gostoptehizdat, 1971, Vyp. 10, S.320-325.
10. Bragina L.P. Priblizhennyj sposob ocenki kojefficienta treshhinnoj poristosti porod po dannym jelektricheskogo karotazha skvazhin. Geologija i neftegazonosnost' VostochnogoPredkavkaz'ja. Tr. SevKavNIPInefti. Groznyj: Gostoptehizdat, 1973, Vyp. 13, S. 291-294.
11. Bulach M.H. O treshhinovatosti melovyh otlozhenij Checheno-Ingushskoj ASSR v svjazi s izucheniem ih kollektorskih svojstv. Issledovanie treshhinovatyh gornyh porod i ih kollektorskih svojstv. Tr. VNIGRI. L.: Gostoptehizdat, 1961, Vyp. 165, S. 89-128.
12. Bulach M.H., Kaplan M.E. Rezul'taty izuchenija treshhinovatosti verhnemelovyh porod na Severo-Vostochnom Kavkaze. Treshhinovatost' gornyh porod i treshhinnye kollektory. Tr. VNIGRI. L.: Gostoptehizdat, 1962, Vyp. 193, S.30-54.

13. Kotjahov F.I. Ob opredelenii kojefficienta treshhinovatosti porod po krivym vosstanovlenija davlenija v skvazhinah // Geologija nefti i gaza. 1962. №6. S. 7-11.
14. Kotjahov F.I., Serebrenikov S.A. Ocenka opredelenija treshhin v kollektorah nefti i gaza pri pomoshhi glubinnogo fotografirovanija // Geologija nefti i gaza. 1964. №2. S.7-12.
15. Kotjahov F.I. Metodika opredelenija kollektorskih svojstv gornyh porod po rezul'tatam analiza kerna i gidrodinamicheskih dannyh. M.; Nedra, 1975, 112s.
16. Thostov B.A., Vezirova A.D., Vendel'shtejn B.Ju., Dobrynin V.M. Neft' v treshhinnyh kollektorah / Pod red. M.F.Mirchinka. L.; 1970, 214s.
17. Nechaj A.M. Ocenka produktivnosti i kollektorskih svojstv treshhinovatyh karbonatnyh porod / Prikladnaja geofizika. Vyp. 26. M.: Gostoptehizdat, 1960, S. 149-185.
18. Nechaj A.M. Izuchenie treshhinnyh kollektorov metodami promyslovoj geofiziki / Razvedochnaja geofizika. Vyp. 36. M.: Nedra, 1969, S. 111-126.
19. Trudy Vsesojuznogo soveshhanija po treshhinnym kollektoram nefti i gaza (Leningrad, 23-27 maja 1960g). L.: Gostoptehizdat, 1961, 327 s.
20. Trudy II Vsesojuznogo soveshhanija po treshhinnym kollektoram nefti i gaza. M.:Nedra, 1965, 505 s.
21. Jejdman I.E., Finkel'shtejn E.N. K voprosu ob opredelenii kollektorskih svojstv karbonatnyh porod geofizicheskimi metodami / Prikladnaja geofizika. M.: Nedra,1960, Vyp. 28, S. 145-153.

Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.
География. Геология. Том 5 (71). № 4. 2019 г. С. 230–253.

РАЗДЕЛ 2.
ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

УДК 552.551.217.1(477.75)

ХАРАКТЕРИСТИКА ВУЛКАНОГЕННОЙ ТОЛЩИ ВЕРХНЕГО ТРИАСА В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО КРЫМА

Лысенко В.И.

Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Филиал МГУ в г. Севастополь, Российская Федерация
E-mail: niagara_sev@mail.ru

В юго-западной части Горного Крыма в породах таврической серии обнаружен Тессельский осадочно-вулканогенный комплекс андезитов верхнего триаса. Установлены породы лавовой, кластолавовой, ксенолавокластической, гиалокластической, гидротермальной и гальмиролитической фаций. Наличие в туфах ксенолитокластов кварцитов, гнейсов и сланцев позволяют считать, что вулкан зародился на участке земной коры с гранитным слоем. На поверхности туфовой толщи находятся карбонатные и кварц-карбонатные плоские бактериальные постройки. Образование построек бактериями шло за счёт переработки палеофлюидов синхронно с формированием пород эффузивной толщи и таврической серии. Позднетриасовый возраст вулканизма в южной зоне Горного Крыма установлен по находкам брахиопод Worobiella ex gr. caucasica Dagys и аммонита Megaphyllites insectus (Mojsisovics). Гидротермальные изменения пород, наличие сульфидных рудокластов и полисульфидной минерализации позволяют предполагать нахождения рядом крупных рудных тел с полисульфидной минерализацией.

Ключевые слова: гальмиролиз, фрамбоиды, гиалокласты, литокласты, десквамация, бактериальные постройки, палеофлюиды.

ВВЕДЕНИЕ

В познании палеогеографических условий формирования и истории геологического развития Горного Крыма существенное значение имеют результаты изучения продуктов палеовулканической деятельности в регионе. В предыдущей статье автор [1] дал подробное описание лавовых палеопотоков Тессельского осадочно-вулканогенного комплекса андезитов верхнего триаса [1]. Из-за ограничения объёмов статьи, в неё не вошли результаты изучения пород кластолавовой, ксенолавокластической, гиалокластической, гидротермальной и гальмиролитической фации, которые принимают существенное участие в строении ~~в~~ эффузивно-терригенной толщи палеовулкана. Анализ этого комплекса пород позволяет познать не только историю развития вулканизма в позднем триасе Горного Крыма, но строение глубинных горизонтов региона.

Целью работы является исследование пород кластолавовой, ксенолавокластической, гиалокластической, гидротермальной и гальмиролитической фаций и условий образования эффузивной толщи верхнетриасового Тессельского палеовулкана в Юго-западной части Горного

Крыма. При этом решались задачи по установлению особенностей формирования эффузивной толщи и геологического строения рамы вулкана.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В предыдущей статье [1] довольно подробно приводилось географическое положение выходов, исследуемых магматических пород, которые являются самыми западными проявлениями вулканизма Южного берега Крыма [1]. Скальные обнажения выходов эффузивных пород расположены на крутом южном склоне Главной гряды Крыма между скалой Парус и горой Чабан-Таш (оврагом Биюк-Дере) у мыса Сарыч ($44^0 23^I 38^{II}$ – $44^0 23^I 54^{II}$ с.ш.; $33^0 46^I 31^{II}$ -$33^0 46^I 31^{II}$ в.д.) [1]. В районе исследования выявлено и изучено тридцать пять выходов вулканических пород, которые образуют три прерывистые зоны субширотного простирания: южную; центральную и северную [1]. Вмещающими породами скальных выходов являются глинистые аргиллиты и алевролиты таврической серии. Для этих пород характерны оползневые явления, отмечаемые многими авторами. Возможно, в нижней южной зоне выходы эффузивных пород являются фрагментами оползней. Поэтому, главное внимание автор уделял изучению центральной и северной зон, в состав которых входят 26 обнажений лавовых палеопотоков и туфов. Расстояние между отдельными выходами составляет 30-300 метров. В промежутках находятся овраги различной глубины, которые, возможно, контролируются субмеридиональными разломами. Характерной особенностью выходов вулканических пород является их схожий андезитовый состав и фациальное разнообразие терригенно-туфовых и лавовых толщ. В восточной части центральной зоны и южной отмечаются холмообразные выходы пород лавовых палеопотоков. Их поверхность перекрыта алевролитами и аргиллитами таврической серии, а в западной части породами гиалокластической, кластолавовой и ксенолавокластической фаций. Геологическое строение и петрографическое описание пород лавовых палеопотоков автор привёл в предыдущей своей статье [1].

Современные извержения лавы из вулканов всегда сопровождаются выбросами туфового материала. Подобные отложения встречаются в северной, а также в западной части центральной зон. Эти полигенные фациальные материалы выбросов вулкана в разных зонах, возможно, относятся к разным временным интервалам. Между северной и центральной зонами выходов туфов находится толща пород таврической серии мощностью 40,0- 80.0 м. Можно считать, что более молодые выбросы вулканогенно-терригенных пород приурочены к северной зоне, а более древние к южной. У них нет различия в петрографическом составе, но имеется разница в фациальных условиях образования, которые отмечают в своей работе Stewart R.J., Natland J.H., Glassley W.R. [2].

На западе центральной зоны встречаются куполовидные выходы фрагментов лавовых палеопотоков, поверхность которых перекрыта туфовыми отложениями мощностью до 20.0 м. В их верхней части встречаются маломощные прослои пород ксенолавокластической, ксеногиалокластической и ксенолитогиалокластической фаций (рис. 1).

Рис. 1. Переслаивание пород кластолавовой, ксенолавокластической, ксеногиалокластической и ксенолитогиалокластической фаций в западной части центральной зоны.

Контакт нижней части туфовой толщи с выше описанными лавами довольно неровный и резкий. Обломочный материал в них составляет более 70% общего объёма туфов. Он представлен витро-кристаллокластами, а также литокластами псефитов различной степени окатанности, формы, размерности и состава. Это своеобразный хаотический комплекс без следов гравитационной сортировки, созданный предположительно катастрофическими процессами вулканических выбросов [3]. Литокластический материал состоит из обломков магматических пород извержения, представленных в основном андезитами, а реже липаритами, дацитами и базальтами. Часто наблюдаются крупные хорошо окатанные валуны андезитов, поверхность которых имеет скорлуповидную отдельность процессов десквамации (рис. 2). Кроме этого встречаются в большом количестве валуны, щебень галька более древних пород, слагавших предположительно жерло и раму палеовулкана. Они иногда занимают более 40% общего объёма туфов. Древние породы представлены кварцевыми песчаниками, чёрными известняками, филлитовидными сланцами, а реже кварцитами, биотит-кварцевыми и альбит-кварц- серицитовыми сланцами, гнейсами и мраморами (рис. 3). На некоторых валунах известняков и мраморов отмечается зона термического осветления. Часто встречаются валуны кварцевых песчаников линзовидной формы с шелушение поверхности процессами десквамации [4] (рис. 4).

Рис. 2. Окатанные валуны андезитов из туфовой толщи с скорлуповидной отдельностью процессов десквамации.

Рис. 3. Валун мрамора в нижней туфовой толще.

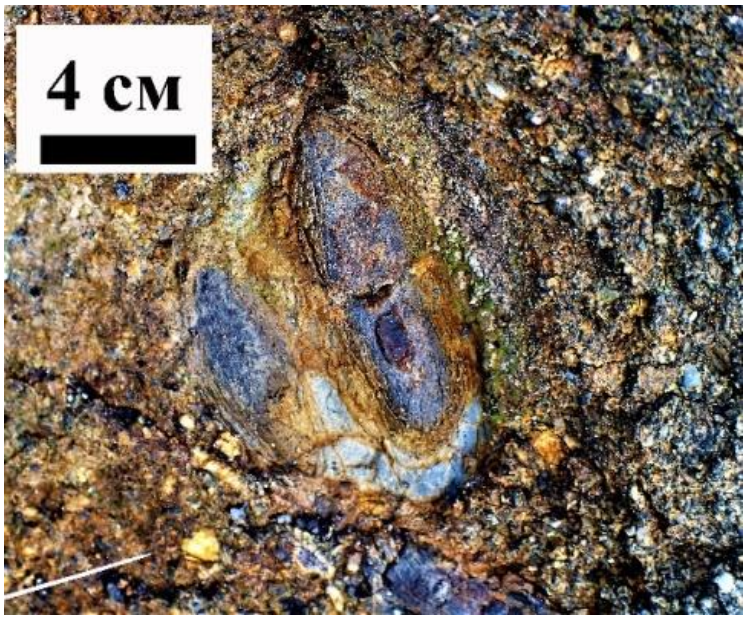


Рис. 4. Линзовидной формы валун кварцевых песчаников с скорлуповидной отдельностью.

Цементом нижней туфовой толщи является пепловый материал вулканического стекла. Он цементирует кристаллы плагиоклаза и кварца, куски лавы андезитов и гиалокластический материал. Плагиоклаз во всей толще представлен сростками белых идиоморфных зональных кристаллов. Полигенный состав литокластов и цемента позволяют отнести данные образования к ксенолитокластитам, образование которых связано с катастрофическими выбросами вулканов [3, 5]. На высокие температуры образования нижней туфовой толщи указывают процессы десквамации на её поверхности (рис. 5), а также находки крупных миндалин халцедона и антраконита размером до 5,0 см. Часть литокластов дацитов и андезитов пиритизированы, а за счет процессов выветривания они покрыты плотной плёнкой гидроокислов железа. Кроме этого, в туфовой толще встречаются вертикальные зоны охры мощностью меньше метра, имеющие меридиональное простирание (рис. 6). Возможно, это следы гальмиролиза на морском дне [6].

Дополнительным отличием обнажений туфовых толщ западной части центральной зоны от других, являются находки на их поверхности многочисленных разно ориентированных «жильных тел» кварц-карбонатных и карбонатных бактериальных построек [7] (рис.7).

Значительная часть «жильных тел» занимает секущее положение относительно грубой слоистости туфов. Обычно, постройки имеют линзовидную плоскую форму размером от 0,5 до 3,0 метров и мощностью 0,5 до 3,0 см. Часто, они разорваны и растянуты древнекиммерийской складчатостью на отдельные блоки [8, 9]. У плоских бактериальных построек довольно резкие контакты с вмещающими породами. Внешняя их поверхность имеет бугорчатое строение и покрыта

миллиметровой черно-коричневой пленкой гидроокислов железа и марганца. Возможно, это продукты окисления пирита. Часто вмещающие породы на контакте интенсивно пиритизированы. Центральная часть плоских бактериальных построек сложена колломорфными кальцитом и антраконитом. Там же отмечаются прерывистые микролинзочки халцедона, а иногда гнезда кристаллического кварца. В антраконите и кальците под микроскопом можно увидеть многочисленные сростки сферолитов фрамбоидального и колломорфного пирита (рис. 8).

В центральной части, описываемой постройки, были обнаружены трубочки полихет, фораминиферы, гастроподы и брахиоподы (рис. 9), а также пепловый материал вулканического стекла и обломки туфов (рис. 10). На некоторых туфовых обломках вулканического стекла отмечаются следы их бактериального замещения фрамбоидами пирита [10].

В ходе механического истирания плоские карбонатные строения издают запах битумов, а при растворении их в кислоте на поверхности раствора образуется маслянистая пленка нефтепродуктов. На наш взгляд, это является подтверждением, что образование карбонатного материала связано с жизнедеятельностью метанотрофных, метаногенных и сульфатредуцирующих бактерий и архей, существовавших около выходов флюидов метана из пород остывающих туфов [11]. Все это происходило, предположительно, в сероводородной среде при активной вулканической деятельности.

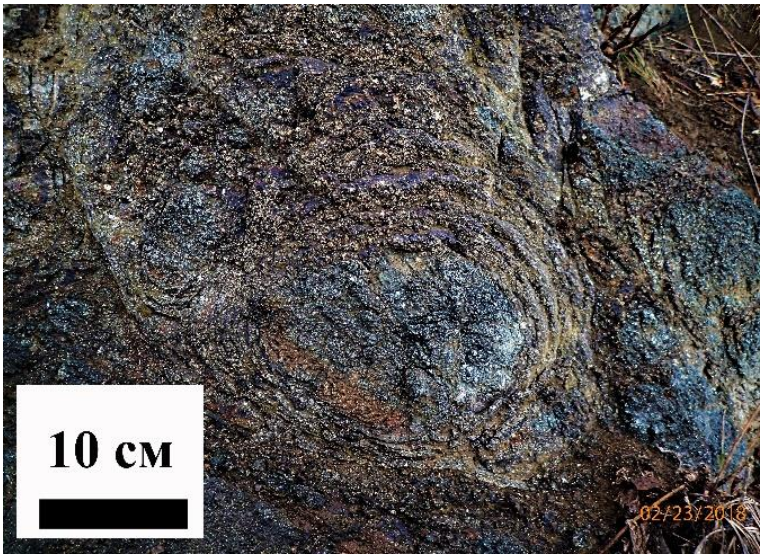


Рис. 5. Следы процессов десквамации на поверхности туфовой толщи.

Рис. 6. Вертикальные зоны охры в туфовой толще.

Рис. 7. Линзовидные «жильной формы» бактериальные кварц-карбонатные постройки на туфовой поверхности.

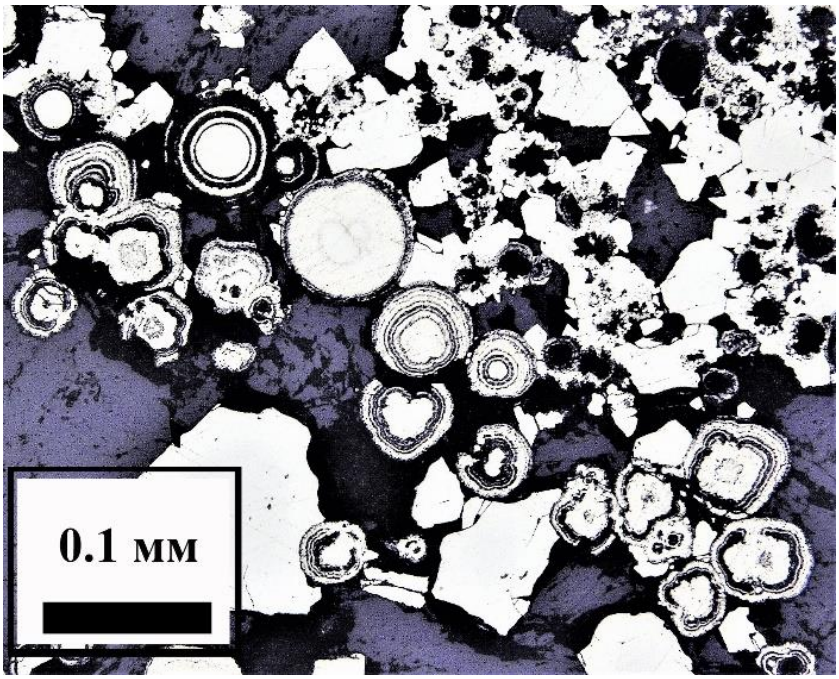


Рис. 8. Многочисленные сростки сферолитов фрамбоидального и колломорфного пирита в микрослоистом антраконите и кальците.

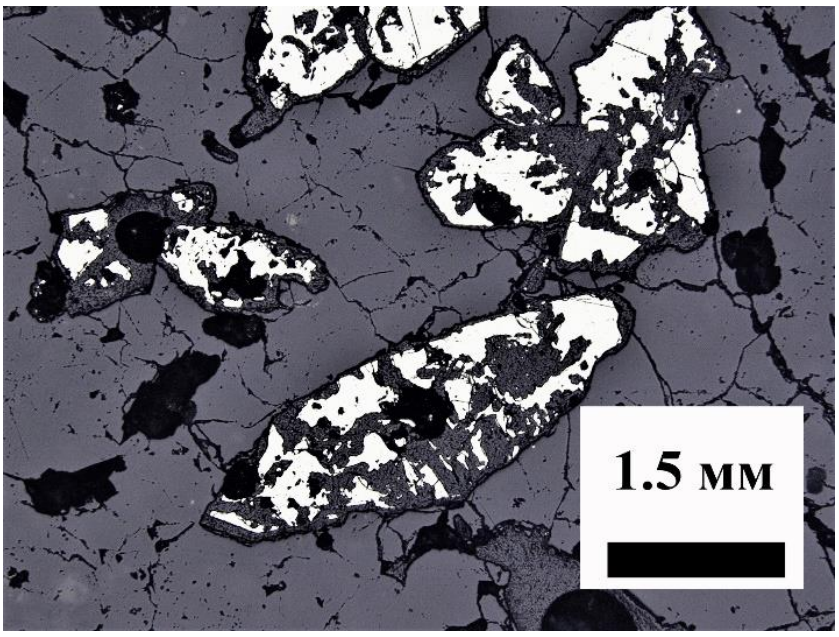


Рис. 9. Отпечатки гастропод в центральной части кварц-карбонатной постройки.

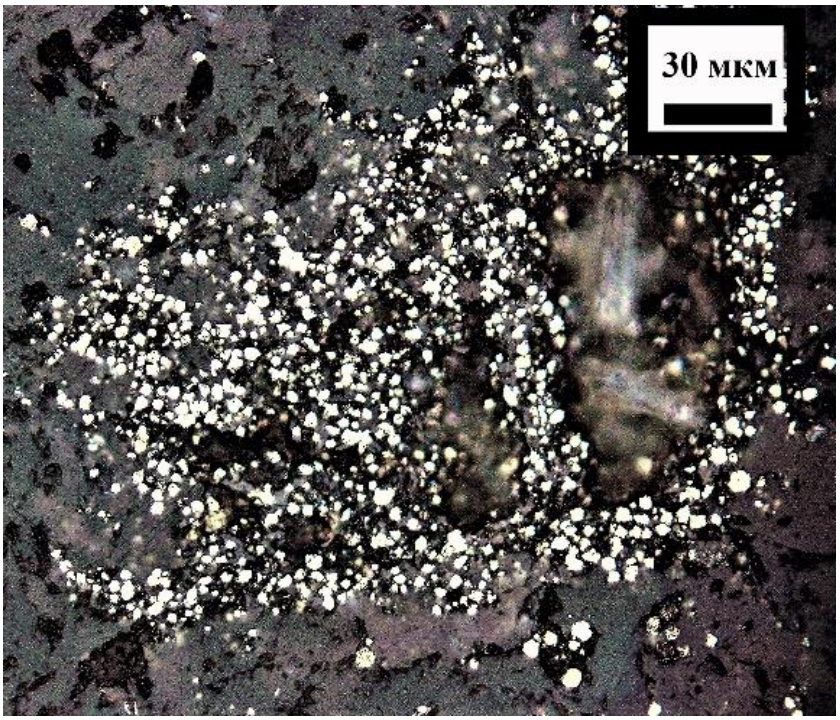


Рис. 10. Фрамбоидальный пирит вокруг туфовых обломков в центральной части кварц-карбонатной постройки.

На западе центральной зоны на нижнем контакте туфов с лавами была найдена биогерма. Она представлена ракушечником брахиопод, который цементирован «жильными» образованиями кварц-карбонатными и карбонатными бактериальными постройками (рис. 11). В биогерме также обнаружены гастроподы, губки и фораминиферы. Её площадь составляет несколько квадратных метров. В самой биогерме отмечается большое количество крупно глыбового материал эффузивных пород, которые цементированы ракушником брахиопод и «жильный» карбонатом бактериальных построек. Обломочный материал представлен в основном андезитами. Многие из них интенсивно пиритизированы и гидрослюдизированы. Отдельные из них обломки подверглись процессам выветривания. Так как они находятся в не выветренном материале биогермы, поэтому можно считать, что это следы процессов гальмиролиза. Гидротермальные процессы изменения пород и наличие плоских карбонатных бактериальных построек свидетельствуют, что биогерма образовалась выходов глубинных флюидов.

Верхняя часть вулканогенно-терригенной толщи имеет более сложное фациальное образование. Этот слоистый «пирог», образован породами лавокластической, ксенолавокластической, ксеногиалокластической, туфовой и терригенными фациями. На западе в центральной зоне верхняя толща имеет почти вертикальное падение на восток, а в северной зоне более пологое на север.

Рис. 11. Ракушечный материал брахиопод биогермы цементированный кварц-карбонатными и карбонатными бактериальными постройками полосчатой текстуры чередования коричневого антраконита и белого кальцита. Тонкое створки раковин покрыты плёнкой буро-коричного и чёрного цветов.

Нижнею часть толщи слагает поток переслаивания лавокластических и ксенолавокластических пород. Он сложен из крупноглыбового и валунного материала андезитов, дацитов, кварцевых песчаников, кварцитов, известняков, филлитовидных и кварц-биотитовых сланцев цементированных андезитовой лавой (рис. 12). Крупноглыбовый материал в потоке составляет более 60% и не имеет следов гравитационной сортировки. Экзотические обломки древних пород характеризуются хорошей окатанностью, а андезитовый материал имеет плоскую линзовидную форму с заливообразными контактами. Мощность таких образований от 1,0 до 3,0 м. Потоки таких лав повторяются в некоторых разрезах до трёх раз. Они имеют довольно резкие границы с подстилающими и перекрывающими их туфами. Слои туфов имеют незначительную мощность от 1.0 до 3.5 м. В них наблюдается слабая гравитационная дифференциация по разрезу от псаммитов до пелитов. Гравитационная слоистость часто нарушается, что свидетельствует об неоднократном выбросе туфов [3]. В целом породы образованы ксенолито-витрокластической и кристалло- витрокластической разностями обломочного материала (рис. 13).

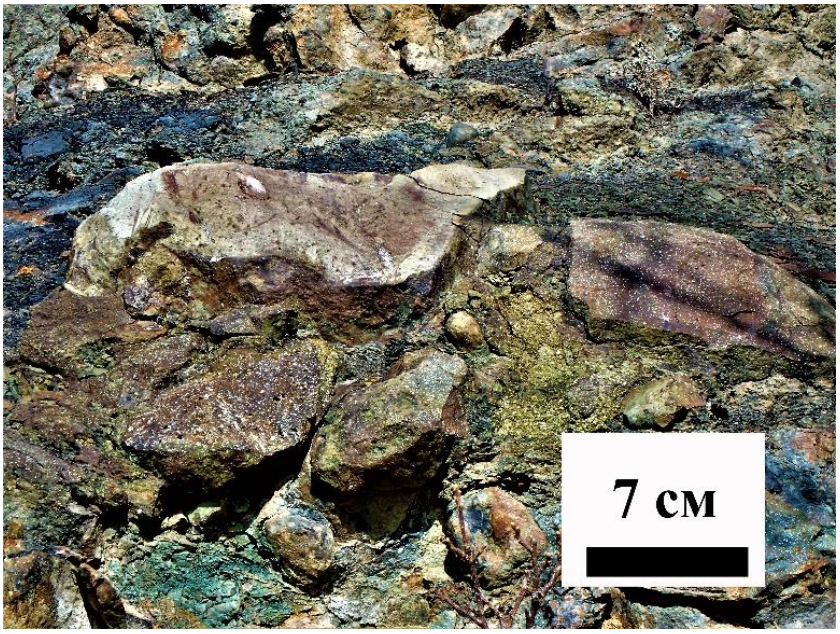


Рис. 12. Крупноглыбовый и валунный материал андезитов, кварцевых песчаников, филлитовидных и кварц-биотитовых сланцев цементированных андезитовой лавой.

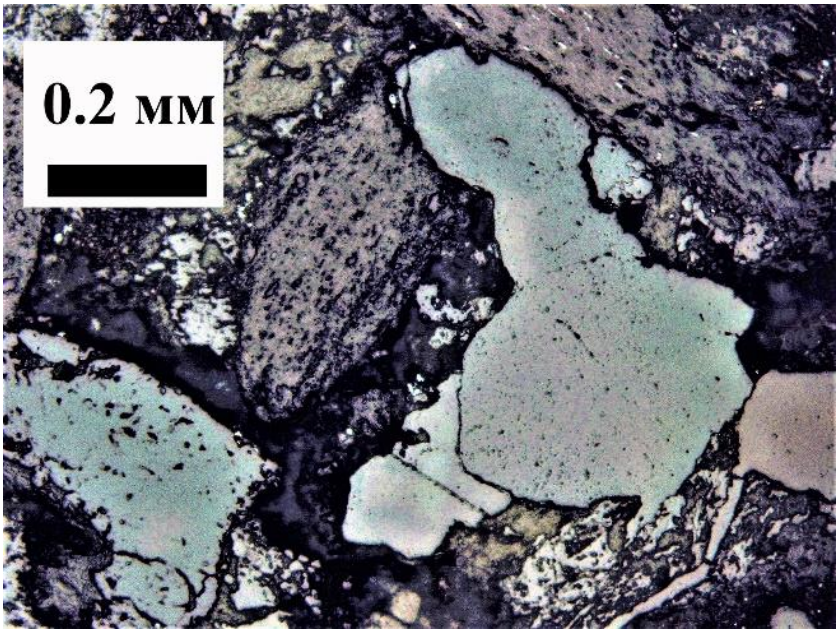


Рис. 13. Ксенолитокласты удлиненной формы без всякой ориентировки в пространстве представлены кварцевыми песчаниками, кварцитами, филлитовидными и кварц-биотитовыми сланцами и кварцем.

Кристаллокласты представлены сростками кристаллов плагиоклаза белого цвета размером до 2,0 мм. Ксенолитокласты удлиненной округлой формы без всякой ориентировки в пространстве представлены кварцем, кварцевыми песчаниками, кварцитами, филлитовидными и кварц-биотитовых сланцами, а также в них встречаются рудокласты сульфидов [12] (рис. 14). Литокласты составляют более 60% породы. Весь обломочный материал цементирован вулканическим стеклом и андезитами с гиалопилитовой структурой.

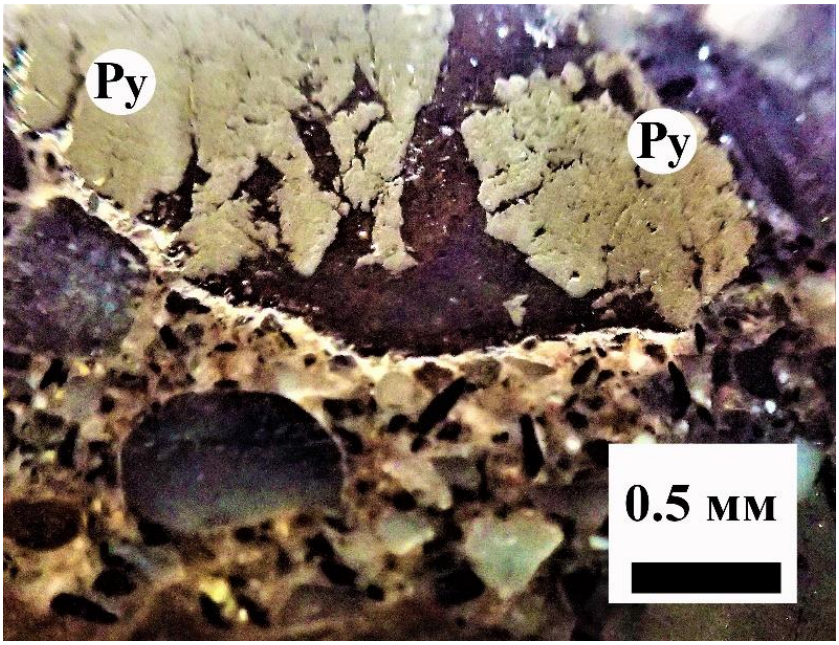


Рис. 14. Рудокласты сульфидов (Ру) и ксенолитокласты кварца, кварцевые песчаникив, кварциты, и кварц-биотитовые сланцы.

В разрывах туфовой толщи отмечаются прерывистые прослои ксеногиалокластитов. Они представлены спекшимися пемзовым материалом и имеют значительное сходство с игнимбритами (рис. 15). Туфовые породы обладают кристалло-витро-литокластической структурой и характеризуются везекулярными и псевдофлюидальной текстурами. Кристаллокласты представлены в них сростками кристаллов удлиненной формы белого полупрозрачного плагиоклаза и составляют до 20% общего объема породы. (рис. 16). Они имеют хорошо ограненную форму и размеры от 0,1 до 3,0 мм. Линзовидные литокласты андезитов с заливообразными границами имеют темно-зеленую окраску. Для них характерна гиалопилитовая структура. В литокластах андезитов пространство между мелкими удлиненными идиоморфными лейстами плагиоклаза заполнены темно-зеленым хлоритизированным вулканическим стеклом [13] (рис. 17).

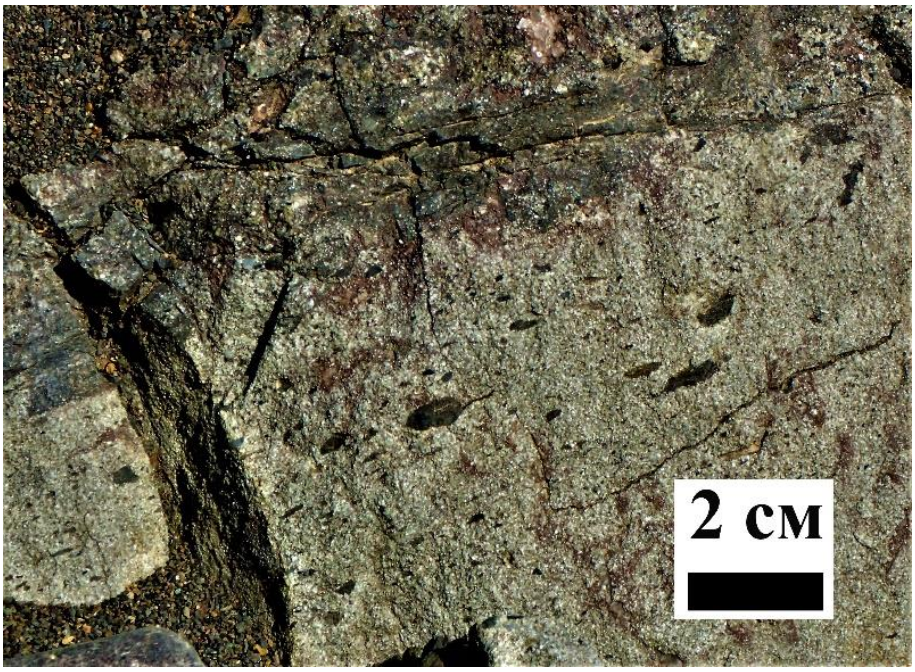


Рис. 15. Прослой гиалокластитов с игнимбритовой текстурой.

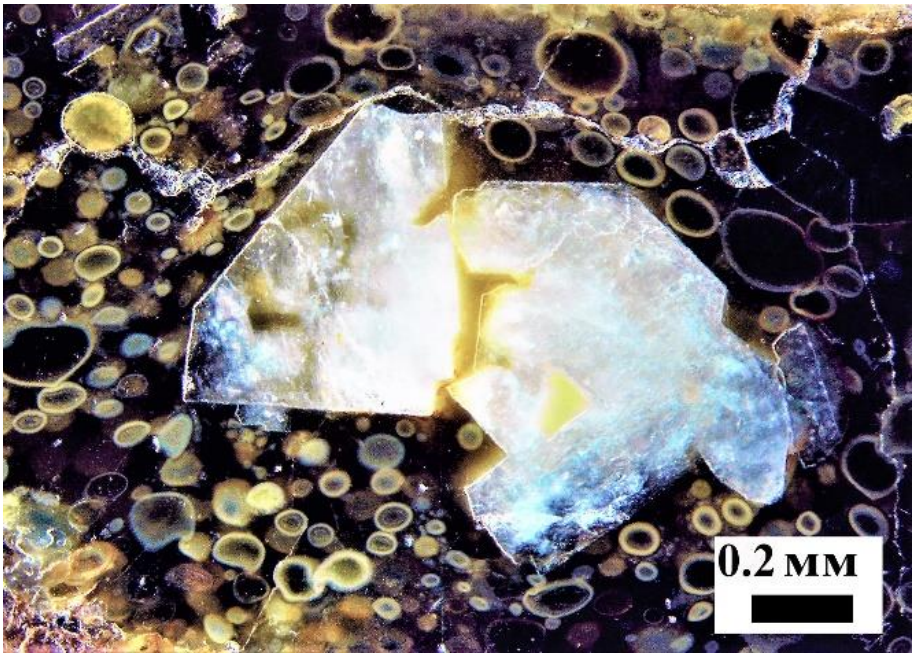


Рис. 16. Сросток кристаллов белого плагиоклаза в гиалокластитах с везекулярной текстурой.

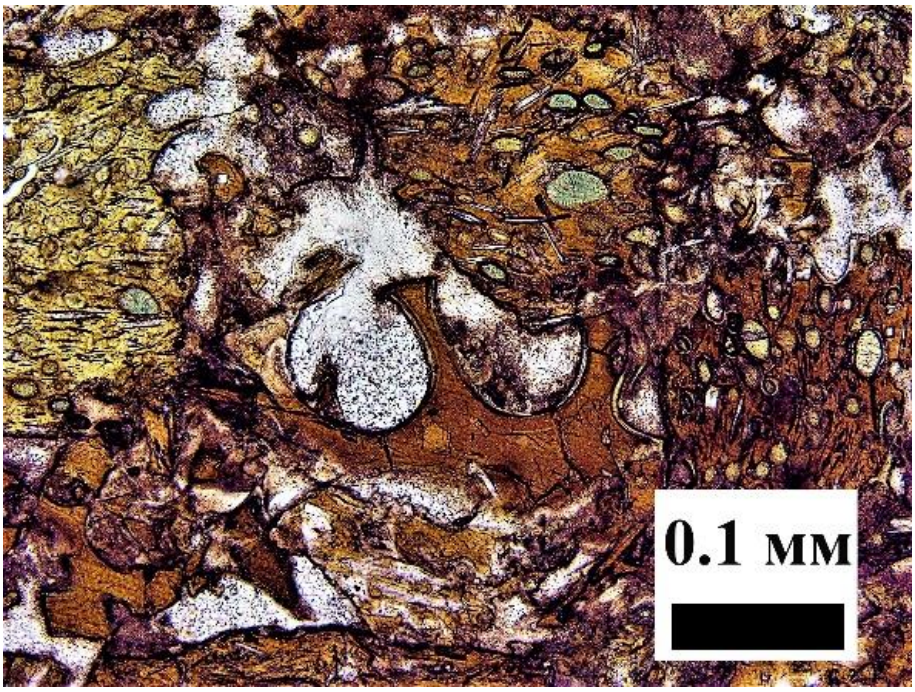


Рис. 17. Гиалокласты переполнены микроминдалинами округлой и элипсовидной формы, заполненных волокнистым халцедоном, халцедон-кальцитом, кальцитом, цеолитами и хлоритом.

Витрокласты зеленовато-коричневого цвета являются своеобразным цементирующим материалом и имеют фьяммеподобную форму, которая подчеркивает псевдофлюидальность породы [14]. Лито- и витрокласты переполнены микроминдалинами округлой и элипсовидной формы, которые занимают более 30% объема породы (рис. 16, 17). Большинство из них заполнены волокнистым халцедоном, реже встречаются миндалины, выполненные кальцит-халцедоном, халцедон-кальцитом, кальцит-хлоритом и хлоритом. В некоторых местах отмечаются процессы замещения витрокластов пиритовой минерализацией [15] (рис. 18). Можно предположить, что формирование этого газонасыщенного материала гиалокластитов происходило в подводных условиях на больших глубинах в результате эксплозивных выбросов и при незначительном удалении от центра извержения.

В восточной части северной зоны Тессельского вулканического поля встречаются маломощные потоки ксенолитогиалокластитов. В них, выше описанный, витрокластический материал с везикулярной текстурой цементирует крупные обломки пиритизированных андезитов (рис.19). В цементе нет следов выветривания, но поверхность обломочного материала покрыта корочкой окислов

железа и марганца. Это дополнительные следы процессов гальмиролиза и гидротермальной проработки пород около центра вулканического аппарата [16].

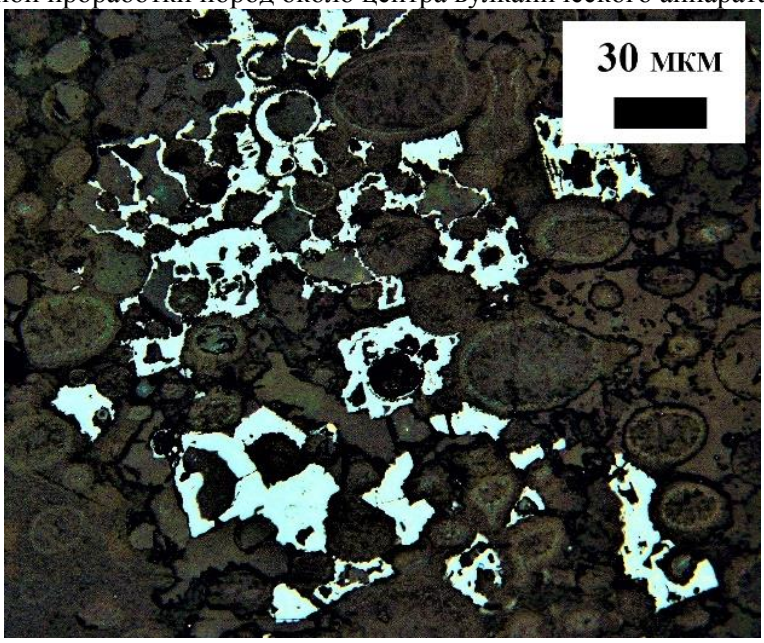


Рис. 18. Замещение витрокластов пиритовой минерализацией.

Рис. 19. Крупные обломки пиритизированных андезитов цементированы витрокластический материалом с везикулярной текстурой.

Здесь, в восточной части северной зоны встречается прослой ксенолитогиалокластитов, в которых ксенолитокласты представлены обломками неправильной формы лав андезитов и чёрных алевролитов таврической серии (рис. 20). Цементом породы является витрокластический материал с везикулярной текстурой. Образование этих ксенолитогиалокластитов указывает на высокие скорости образования терригенной толщи пород таврической серии в период активной вулканической деятельности в позднем триасе.

Рис. 20. Ксенолитогиалокластиты с обломками лав андезитов и чёрных алевролитов таврической серии.

По результаты изучения Тессельского осадочно-вулканогенного комплекса верхнего триаса было установлено, что он имеет довольно сложное строение. Выходы эффузивных пород представлены образованиями лавовой [1], кластолавовой, ксенолавокластической, ксеногиалокластической, ксенолитогиалокластической, гидротермальной и гальмиролитической фации.

Образование вулканогенного комплекса пород происходило в ходе нескольких извержений. Наблюдается значительный временной интервал между образованием эффузивных пород центральной и северной зон. Имеются некоторые различия в фациальных условиях формирования пород этих зон, что связано с разными типами извержений [3, 17]. По нашим предположениям, самый ранний этап связан с излиянием лавовых палеопотоков андезитов. Из-за высокой вязкости и гидростатического давления палеопотоки имели незначительные размеры и мощность [4].

Верхняя часть туфовой толщи представлена породами, образованными ксенолавокластической, кластолавовой, ксеногиалокластической, ксенолитогиалокластической, и гальмиролитической фаций [18]. Формирование

этого комплекса пород связано эксплозивной взрывной деятельностью вулкана и кратковременными лавовыми потоками, в которых активное участие принимали выбросы газов [19]. Ксенолитокласты более древних пород составляют в этих отложениях более 60% объёма породы и подобный состав туфов описан при извержении вулканов Мерапи (остров Ява, 1930 г.) и Стромболи (1930 г.) [3]. Ксенолитокласты имеют размерность от песчинок до валунов и глыб и представлены кварцевыми песчаниками, чёрными известняками, филлитовидными сланцами, а реже кварцитами, биотит-кварцевыми и альбит- кварц- серицитовыми сланцами, гнейсами и мраморами. Возможно, голтовка валунных и галечных образований связана с обработкой данного материала в жерле вулкана магмой и горячими газами [3]. Материал образования туфовой толщи имел довольно высокие температуры, что доказывают зоны термического осветления в известняках и песчаниках, а также процессы десквамации на поверхности туфов, валунов кварцевых песчаников и андезитов [4, 20]. Следует предположить, что формирование многочисленных «жильных тел» бактериальных кварц-карбонатных и карбонатных построек на поверхности туфовой толщи шло за счёт выделения газа из не остывших ещё обломков литокластов и прогрева погребённых вод палеоокеана Тетис [21, 22]. Образование бактериальных построек происходило в период активной вулканической деятельности или сразу же за ней, что доказывают многочисленные обломки туфов и пепла в них. Возможно, их рост происходил одновременно с образованием туфовой толщи.

А крупные валуны и глыбы литокластов базальтов, дацитов и андезитов имеют одинаковую природу образования, как и наблюдаемые «развалы и осыпи глыб» при подводных сьемках на Восточно-Тихоокеанском поднятии [23]. В тоже время серовато-черные филлитовидные сланцы и кварцевые песчаники, составляющие до 10% общего объема терригенного материала ксенолитокластов, являются «посланниками» больших глубин. Они представлены слабо окатанными плоскими обломками размером от 2,0 до 150,0 мм. По мнению автора, кварцевые песчаники и филлитовидные сланцы имеют большое петрографическое сходство с описанием обломочного материала пород из туфовой толщи верхнего альба Балаклавской котловины, где они участвовали в строении основания вулкана [24]. Подобный материал филлитовидных сланцев был найден при драгировании нижней части Форосского выступа в Черном море и получил название «породы чернослацевой формации» [25]. По данным некоторых исследователей филлитовидные сланцы имеют возраст нижний карбон [25]. Можно сделать вывод, что кварцевые песчаники и филлитовидные сланцы слагают раму нашего вулкана и являются подстилающими породами таврической серии. Ксенолитокласты кварцевых песчаников, чёрных известняков, кварцитов, филлитовидных сланцев, биотит-кварцевых сланцев, альбит- кварц- серицитовых сланцев, гнейсов и мраморов в туфовой толще являются материалом, выброшенным из жерла вулкана. Эти метаморфические породы, вынесенные «природной глубинной скважиной» [3] на поверхность, позволяют считать, что центр Тессельского палеовулкана находился на континентальном участке земной коры с гранитным слоем.

Формирование эффузивной толщи Тессельского палеовулкана происходили в морской среде океана Тетис под контролем гидростатического давления. На это указывают находки биогермы брахиопод, плоских и трубчатых бактериальных построек на поверхности туфовой толщи [25], многочисленные следы десквамации, а также следы процессов гальмиролиза в туфовой толще и обломочном материале биогермы. Вулканизм позднего триаса происходил на средних-больших глубинах океана. Это подтверждается условиями формирования аргиллитов и алевролитов таврической серии, а также многочисленные находки тонкостенной фауны и следы высокой газонасыщенности ксеногиалокластов и риодацитов на поверхности лав [4].

Находки фауны биогермы на поверхности палеопотока, позволили уточнить вопрос возраста вулканизма и вмещающих пород таврической серии. На формирование постройки биогермы во время вулканической деятельности, указывают её контакты с лавами и туфами, а также включения обломков эффузивных пород. Брахиоподы в биогерме имеют довольно разнообразный видовой состав. Сложность их определения связаны с процессами диагенеза породы. По предварительным результатам значительную часть брахиопод можно отнести к виду Worobiella ex gr. caucasica Dagys, которые имеют возраст норийский век [26, 27]. Определения выполнены кандидатом геолого-минералогических наук Ю.С. Репиным. Выше биогермы в прослое черных песчанистых известняков с включениями микрополосчатых строматолитов были обнаружены отпечатки моллюсков, брахиопод и раковина аммонита. По результатам определения профессора доктора геолого-минералогических наук В.В. Аркадьева из СПб ГУ, найденный аммонит относится к Megaphyllites insectus (Mojsisovics), и его возраст норийский век верхнего триаса [28]. Полученные данные подтверждают результаты исследования наших корифеев геологов, которые они проводили в начале XX века [8, 9, 26, 28]. Находки отпечатков фауны в тот период позволили им считать, что породы таврической серии в этом регионе представлены отложениями корнийского и норийского ярусов верхнего триаса. Возможно, наши результаты возраста вулканитов косвенно подтверждают данные изучения цирконов из терригенной толщи Юго-западного Крыма. Часть цирконов из пород нижнего мела имеют возраст позднего триаса [29].

Горного Крыма. Данные результаты требуют ревизии некоторых вопросов истории развития и палеогеографических условий формирования Горного Крыма. Возможно, вулканизм в позднем триасе в южной зоне Горного Крыма имел более широкое распространение, чем принято считать в наше время. Доказательством такого предположения являются геофизические аномалии в регионе и результаты бурения скважин № 1кч и 2кч [30]. Они были пробурены в 60-х годах XX века в центральной части Качинского поднятия. На глубинах более 2000 метров они вскрыли четыре интервала магматических пород мощностью от 50 до 150 метров. Вмещающими породами магматических тел являются алевролиты и аргиллиты таврической серии [30].

ВЫВОДЫ

По результатам наших исследований впервые установлено наличие вулканизма в западной части южной зоны Горного Крыма в позднем триасе. Тессельский осадочно-вулканогенный комплекс представлен породами лавовой, кластолавовой, ксенолавокластической, гиалокластической, гидротермальной и гальмиролитической фаций. Возможно, существовал временной перерыв между формированием эффузивных пород центральной и северной зон.

На раннем этапе преобладали излияния лавовых потоков андезитов, позже шло образование туфовой толщи, процессами кратковременных извержений лав и с эксплозивной взрывной деятельностью. В туфах ксенолитокласты более древних пород представлены кварцевыми песчаниками, чёрными известняками, кварцитами, гнейсами, мраморами и филлитовидными, биотит-кварцевыми, альбит-кварц-серицитовыми сланцами. Они являются материалом, который был выброшен из жерла вулкана за счёт разрушения его стенок. Такой набор метаморфических пород позволяет считать, что Тессельский вулкан зародился на участке земной коры с гранитным слоем. Возможно, его рама заложена в блоке, сложенного филлитовидными сланцами и кварцевыми песчаниками. Эти породы преобладают в составе литокластического материала.

Центр извержения Тессельского вулкана, по нашему мнению, находится к северу от южных обрывов Главной гряды под отложениями средней и верхней юры. На поверхности лав и туфовой толщи обнаружены карбонатные, сульфидно-карбонатные и карбонат-кварц-сульфидные трубчатые и плоские бактериальные постройки. Находки в них туфового вещества, вулканического стекла и рудной сульфидной минерализации доказывают, что образование построек бактериями шло за счёт палеофлюидов синхронно с застыванием пород эффузивной толщи и формированием таврической серии. Находки на поверхности лав биогерм брахиопод Worobiella ex gr. caucasica Dagys, а в разрезе аммонита Megaphyllites insectus (Mojsisovics) указывают норийский возраст вулканизма в южной зоне Горного Крыма.

Гидротермальные изменения пород в туфовой толще, наличие сульфидных рудокластов и полисульфидной минерализации в бактериальных постройках позволяют предполагать нахождения вблизи центрального аппарата Тессельского вулкана крупных рудных тел с полисульфидной и золоторудной минерализацие.

Автор благодарит за консультации и оказанную помощь в изучении пород профессора и члена корреспондента РАН В.В. Масленникова, а за определение фауны профессора доктора геолого-минералогических наук В.В. Аркадьева и кандидата геолого-минералогических наук Ю.С. Репина.

Список литературы

1. Лысенко В.И. Лавовые палеопотоки триасового вулканизма в Юго-западной части Горного Крыма // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 7. № 3. С. 72–98.

2. Stewart R.J., Natland J.H., Glassley W.R. Petrology of volcanic rocks recovered on DSDP Leg 19 from the North Pacific ocean and the Bering Sea // Initial Reports of the DSDP. 1973. Vol.19. P.615–627.
3. Макдональд Г. Вулканы. М.: Мир, 1975. 431 с.
4. Кориневский В.Г. Эффузивы Урала. Екатеринбург.: Уральский Ц АО, 2014. 216 с.
5. Селиверстов Н.И., Авдейко Г.П., Иваненко А.Н., Шкира В.А. Новый подводный вулкан в западной части Алеутской островной дуги // Вулканология и сейсмология. 1986. №4. С.3–16.
6. Hannington M.D., Jonasson I.R., Herzig P.M., Petersen S. Physical, chemical processes of seafloor mineralization at mid-oceanridges// Seafloor hydrothermal Systems: Physical, Chemical, Biological and Geological Interactions. Geophis. Monograph, Washington, DC: Am. Geophis. Union, 1995. V. 91.P 115–157.
7. Лысенко В.И., Садыков С.А., Литау В.А. Морфология и изотопный состав сульфидно-карбонатных построек эффузивных пород верхнего триаса юго-западной части Горного Крыма // Металлогения древних и современных океанов-2017. Четверть века изучений субмаринных месторождений. Миасс.: ИМин УрО РАН, 2019. С. 277–281.
8. Пчелинцев В.Ф. Киммериды Крыма. М.: Наука, 1966. 126 с.
9. Муратов М.В. О стратиграфии триасовых и нижнеюрских отложений Крыма // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1959. № 11. С. 31–41.
10. Yogodsinski G.M., Volynets O.N., Koloskov A.V., Seliverstov N.I., Matveenkov V.V. Magnesial andesites and the subduction component in a strongly calcalkaline series at Piip volcano, far western Aleutians // J. Petrol. 1994. Vol.35. Pt.1. P.163–204.
11. Малышев А.И. Жизнь вулкана. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 260 с.
12. Жабин А.Г. Скорость литификации сульфидных вулканогенно-осадочных руд и возникновение рудокластов // Бюллетень МОИП, отд. Геол. 1978. №4. С.118–129.
13. Селиверстов Н.И., Торохов П.В., Баранов Б.В. Подводный вулкан Пийпа: структурно тектонический контроль, геологическое строение и гидротермальная активность // Вулканология и сейсмология. 1995. № 2. С. 50–71.
14. Avdeiko G.P., Volynets O.N., Antonov A.Yu., Tsvetkov A.A. Kurile Island Arc volcanism: structural and petrological aspects // Tectonophysics. 1991. V. 199. P. 271–287.
15. Масленников В.В. Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчеданоносных палеогидротермальных полей. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. 348 с.
16. Масленников В.В., Зайков В.В. Продукты разрушения и окисления придонных сульфидных построек на дне Уральского палеоокеана // Докл. АН СССР. Т. 319. 1991. № 6. С. 1434–1437.
17. Ботвинкина Л.Н. Генетические типы отложений областей активного вулканизма. М.: Наука, 1974. 318 с.
18. Сафонов В.Г. Структуры гиалокластитов и механизм подводных извержений // Современные проблемы морской геологии. М., 1980. Т. 1. С. 108–109.
19. Сагалевич А.М., Торохов П.В., Матвеенков В.В., Галкин С.В., Москалев Л.И. Гидротермальные проявления подводного вулкана Пийпа (Берингово море) // Изв. РАН. Сер. геологическая. 1992. №9. С.104–114.
20. Башарина Л.А. Эксгаляции базальтовых и андезитовых лав камчатских вулканов // Современный вулканизм. М.: Наука, 1966. С. 139–145.
21. Seliverstov N.I., Torokhov P.V., Egorov Yu.O., Dubrovsky V.N., Taran Yu.A., Kokarev S.G. Active seeps and carbonates from the Kamchatsky Gulf (East Kamchatka) // Bull. Geol. Soc. of Denmark. 1994. V.41. P. 50–54.
22. Баранов Б.В., Матвеенков В.В., Сагалевич А.М. Гидротермальные постройки подводного вулкана Пийпа // Природа. 1991. № 2. С. 54–61.
23. Марков Ю.Д., Можеровский А.В., Ващенкова Н.Г. Металлоносные осадки активной зоны рифта Восточно-Тихоокеанского поднятия //Тихоокеанская геология. 2004. Т.23, № 5. С. 40-53.
24. Лысенко В.И. Геологическая история развития мелового вулканизма в Юго-западом Крыму по результата изучения терригенно-вулканогенной толщи верхнего альба Балаклавской котловины //Электронное научное издание «Альманах Пространство и Время». 2016. Т. 11. № 1.
25. Шнюков Е.Ф., Щербаков Е.Е., Шнюкова Е.Е. Палеоостровная дуга севера Черного моря. Киев.: «Чернобыльинформ», 1997. 287 с.

26. Моисеев А.С. О фауне и флоре триасовых отложений долины р. Салгир в Крыму // Изв. Всес. Геол.-Разв. Объединения. LI. 1932. Вып. 39. С. 1–14.
27. Дагис А. С, Дагис А. А., Казаков А. М., Курушин Н. И. Граница нижнего и среднего триаса на севере Средней Сибири. Л.: Гостоптехиздат, 1959. 360 с.
28. Астахова Т.В. Палеонтологическая характеристика триасовых отложений Крыма // Палеонтологический сборник. 1972. Вып. 2. № 9 С. 57–63.
29. Nikishin A.M., Khotylev A.O. Bychkov A.Y. Cretaceous Volcanic Belts and the Evolution of the Black Sea Basin // Moscow university Geolocy Bulletin. 2013. Vol 68. № 03. pp. 141–154.
30. Иванов В.И. Чайковский Б.И. и др. «Отчет по ГГК в м 1:50000 Западной части Горного Крыма, Байдарский р-н в пределах листов L – 36 – 128 – А, Б, В, Г» - 1978-1981. (Фондовый материал КП «Южэкогеоцентр»).

CHARACTERISTIC OF THE VOLCANOGENIC THICKNESS OF THE UPPER TRIAS IN THE SOUTH-WESTERN PART OF MOUNTAIN CRIMEA

Lysenko V.I.

Moscow State University M.V. Lomonosov Moscow State University Branch in Sevastopol, Russian Federation

E-mail: niagara_sev@mail.ru

The results of studying the products of paleovolcanic activity in the region are essential in understanding the paleogeographic conditions of the formation and history of the geological development of the Crimean Mountains.

The aim of the study is the rocks of the clastolava, xenolavoclastic, hyaloclastic, hydrothermal, halmirolytic facies and the conditions for the formation of the effusive strata of the Upper Triassic of the Tesselsky paleovolcano in the southwestern part of the Crimean Mountains.

According to research, the presence of volcanism in the western part of the southern zone of the Crimean Mountains in the Late Triassic was established for the first time. The Tessel sedimentary-volcanogenic complex is represented by rocks of lava, clastolava, xenolavoclastic, hyaloclastic, hydrothermal and halmirolytic facies. There was a temporary break between the formation of effusive rocks of the central and northern zones. At an early stage, outpourings of lava flows of andesites prevailed, later the formation of a tuff stratum took place, with processes of short-term eruptions of lavas and with explosive explosive activity. The tumbling of boulder and pebble formations of tuffs is associated with magma treatment in the volcano's vent. High temperatures of formation of the tuff stratum are proved by thermal quenching and desquamation processes. Xenolithic clasts are represented by quartz sandstones, quartzites, gneisses, marbles and schists. A set of metamorphic rocks suggests that the Tessellsky volcano originated in the crust with a granite layer.

The formation of the effusive stratum took place in the marine environment of the Tethys Ocean under the control of hydrostatic pressure. This is indicated by the findings of the bioherma of brachiopods, flat and tubular bacterial structures on the surface of the tuff stratum, numerous traces of desquamation, as well as traces of halmirolysis in the tuff stratum and clastic material of the bioherm. The conditions for the formation of mudstones and siltstones of the Tauride series, the discovery of thin-walled fauna, and traces of gas saturation of xenogialoclasts indicate significant depths of the ocean.

Carbonate, sulfide-carbonate and carbonate-quartz-sulfide tubular and flat bacterial structures were found on the surface of lavas and tuff strata. Findings of tuff substance, volcanic glass and ore sulfide mineralization in them prove that the formation of buildings by bacteria was due to paleofluids simultaneously with the solidification of the rocks of the effusive stratum and the formation of the Tauride series.

Findings on the surface of lavas bioherms of brachiopods Worobiella ex gr. caucasica Dagys, and in the context of ammonite Megaphyllites insectus (Mojsisovics) indicate the Norian age of volcanism in the southern zone of the Crimean Mountains.

The eruption center of the Tessell volcano is located at a slight distance north of the central one under the deposits of the Middle and Upper Jurassic. This is confirmed by the data of geophysical studies and the processes of hydrothermal rock changes.

The presence of sulfide ore clusters, polysulfide mineralization in bacterial structures, and hydrothermal rock changes in the tuff stratum suggest that large ore bodies with polysulfide and gold ore mineralization are located near the central apparatus of the Tessell volcano.

Keywords: volcano, lavas, tuffs, andesites, peperites, tubular structures, paleofluids.

References

1. Lysenko V.I. Lavovye paleopotoki triasovogo vulkanizma v YUgo-zapadnoj chasti Gornogo Kryma (Lava paleostreams of Triassic volcanism in the southwestern part of the Crimean Mountains). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya, 2019, Vol. 7, no 3, pp. 72–98. (in Russian).
2. Stewart R.J., Natland J.H., Glassley W.R. Petrology of volcanic rocks recovered on DSDP Leg 19 from the North Pacific ocean and the Bering Sea. Initial Reports of the DSDP, 1973, Vol.19, pp. 615–627. (in English).
3. Makdonal'd G. Vulkany (Volcanoes). M.: Mir (Publ.), 1975, 431 p. (in Russian).
4. Korinevskij V.G. Effuzivy Urala (The effusive of the Urals). Ekaterinburg.: Ural'skij C AO (Publ.), 2014, 216 p. (in Russian).
5. Seliverstov N.I., Avdejko G.P., Ivanenko A.N., Shkira V.A. Novyj podvodnyj vulkan v zapadnoj chasti Aleutskoj ostrovnoj dugi (A new underwater volcano in the western part of the Aleutian island arc). Vulkanologiya i sejsmologiya, 1986, no 4, pp. 3–16. (in Russian).
6. Hannington M.D., Jonasson I.R., Herzig P.M., Petersen S. Physical, chemical processes of seafloor mineralization at mid-oceanridges. Seafloor hydrothermal Systems: Physical, Chemical, Biological and Geological Interactions. Geophis. Monograph, Washington, DC: Am. Geophis. Union, 1995, V. 91, pp 115–157. (in English).
7. Lysenko V.I., Sadykov S.A., Litau V.A. Morfologiya i izotopnyj sostav sul'fidno-karbonatnyh postroek effuzivnyh porod verhnego triasa yugo-zapadnoj chasti Gornogo Kryma (Morphology and isotopic composition of sulfide-carbonate structures of effusive rocks of the Upper Triassic of the southwestern part of the Crimean Mountains). Metallogeniya drevnih i sovremennyh okeanov-2017. Chetvert' veka izuchenij submarinnyh mestorozhdenij. Miass: IMin UrO RAN (Publ.), 2019, p. 277–281. (in Russian).
8. Pchelincev V.F. Kimmeridy Kryma (Kimmerids of Crimea). M.: Nauka (Publ.), 1966. 126 p. (in Russian).
9. Muratov M.V. O stratigrafii triasovyh i nizhneyurskih otlozhenij Kryma (On the stratigraphy of the Triassic and Lower Jurassic deposits of the Crimea). Izv. VUZov. Geologiya i razvedka, 1959, no 11, pp. 31–41. (in Russian).
10. Yogodsinski G.M., Volynets O.N., Koloskov A.V., Seliverstov N.I., Matveenkov V.V. Magnesial andesites and the subduction component in a strongly calcalkaline series at Piip volcano, far western Aleutians. J. Petrol., 1994, Vol.35, Pt.1, P.163–204. (in English).
11. Malyshev A.I. Zhizn' vulkana (The life of the volcano). Ekaterinburg: UrO RAN (Publ.), 2000, 260 p. (in Russian).

12. Zhabin A.G. Skorost' litifikacii sul'fidnyh vulkanogenno-osadochnyh rud i vozniknovenie rudoklastov (The rate of lithification of sulfide volcanic-sedimentary ores and the occurrence of oreclasts). Byulleten' MOIP, otd. Geol.,1978, no 4, pp.118–129. (in Russian).
13. Seliverstov N.I., Torohov P.V., Baranov B.V. Podvodnyj vulkan Pijpa: strukturno tektonicheskij kontrol', geologicheskoe stroenie i gidrotermal'naya aktivnost' (Piipa Underwater Volcano: structural tectonic control, geological structure and hydrothermal activity). Vulkanologiya i sejsmologiya, 1995, no 2, pp. 50–71. (in Russian).
14. Avdeiko G.P., Volynets O.N., Antonov A.Yu., Tsvetkov A.A. Kurile Island Arc volcanism: structural and petrological aspects. Tectonophysics, 1991, v.199, P.271–287. (in English).
15. Maslennikov V.V. Sedimentogenez, gal'miroliz i ekologiya kolchedanonosnyh paleogidrotermal'nyh polej (Sedimentogenesis, halmirolysis and ecology of pyritiferous paleohydrothermal fields). Miass: IMin UrO RAN (Publ.), 1999, 348 p. (in Russian).
16. Maslennikov V.V., Zajkov V.V. Produkty razrusheniya i okisleniya pridonnyh sul'fidnyh postroek na dne Ural'skogo paleookeana (Destruction and oxidation products of bottom sulphide structures at the bottom of the Ural Paleo-Ocean). Dokl. AH SSSR, 1991, T. 319, no 6, pp. 1434–1437. (in Russian).
17. Botvinkina L.N. Geneticheskie tipy otlozhenij oblastej aktivnogo vulkanizma (Genetic types of deposits of areas of active volcanism). M.: Nauka (Publ.), 1974, 318 p. (in Russian).
18. Safonov V.G. Struktury gialoklastitov i mekhanizm podvodnyh izverzhenij (Structures of hyaloclasts and the mechanism of underwater eruptions). Sovremennye problemy morskoj geologii. M., 1980, T. 1, pp. 108–109. (in Russian).
19. Sagalevich A.M., Torohov P.V., Matveenkov V.V., Galkin S.V., Moskalev L.I. Gidrotermal'nye proyavleniya podvodnogo vulkana Pijpa (Beringovo more) (Hydrothermal manifestations of the underwater volcano Piipa (Bering Sea)). Izv. RAN. Ser. Geologicheskaya, 1992, no 9, pp.104–114. (in Russian).
20. Basharina L.A. Eksgalyacii bazal'tovyh i andezitovyh lav kamchatskih vulkanov. Sovremennyj vulkanizm (Exhalations of basalt and andesitic lavas of Kamchatka volcanoes). M.: Nauka (Publ.), 1966, pp. 139–145. (in Russian).
21. Seliverstov N.I., Torokhov P.V., Egorov Yu.O., Dubrovsky V.N., Taran Yu.A., Kokarev S.G. Active seeps and carbonates from the Kamchatsky Gulf (East Kamchatka). Bull. Geol. Soc. of Denmark, 1994, V.41, pp. 50–54. (in English).
22. Baranov B.V., Matveenkov V.V., Sagalevich A.M. Gidrotermal'nye postrojki podvodnogo vulkana Pijpa (Hydrothermal structures of the underwater volcano Piipa). Priroda, 1991, no 2, pp. 54–61. (in Russian).
23. 23. Markov Yu.D., Mozherovsky A.V., Vaschenkova N.G. Metallonosnye osadki aktivnoj zony rifta Vostochno-Tihookeanskogo podnyatiya (Metalliferous sediments of the rift zone of the East Pacific Rise). Pacific Geology, 2004, Vol. 23, no. 5, pp. 40-53. (in Russian).
24. Lysenko V.I. Geologicheskaya istoriya razvitiya melovogo vulkanizma v Yugo-zapadom Krymu po rezul'tata izucheniya terrigenno-vulkanogennoj tolshchi verhnego al'ba Balaklavskoj kotloviny (The geological history of the development of Cretaceous volcanism in the south-west of Crimea based on the study of the terrigenous-volcanogenic stratum of the upper alb of the Balaklava depression). Elektronnoe nauchnoe izdanie «Al'manah Prostranstvo i Vremya», 2016, T. 11, no 1. (in Russian).
25. Shnyukov E.F., Shcherbakov E.E., Shnyukova E.E. Paleoostrovnaya duga severa Chernogo moray (Paleo-island arc of the north of the Black Sea). Kiev: «Chernobyl'inform» (Publ.), 1997, 287 p. (in Russian).
26. Moiseev A.S. O faune i flore triasovyh otlozhenij doliny r. Salgir v Krymu (On the fauna and flora of the Triassic deposits of the river valley. Salgir in Crimea). Izv. Vses. Geol.-Razv. Ob"edineniya. LI., 1932, Vyp. 39, pp. 1–14. (in Russian).
27. Dagis A. S, Dagis A. A., Kazakov A. M., Kurushin N. I. Granica nizhnego i srednego triasa na severe Srednej Sibiri (The border of the Lower and Middle Triassic in the north of Central Siberia). L.: Gostoptekhizdat (Publ.), 1959, 360 p. (in Russian).
28. Astahova T.V. Paleontologicheskaya harakteristika triasovyh otlozhenij Kryma (Paleontological characteristics of the Triassic sediments of the Crimea). Paleontologicheskij sbornik, 1972, Vyp. 2, 1972, pp. 57–63. (in Russian).
29. Nikishin A.M., Khotylev A.O. Bychkov A.Y. Cretaceous Volcanic Belts and the Evolution of the Black Sea Basin. Moscow university Geolocy Bulletin, 2013, Vol 68, no 03, pp. 141–154. (in English).

30. Ivanov V.I. Chajkovskij B.I. i dr. «Otchet po GGK v m 1:50000 Zapadnoj chasti Gornogo Kryma, Bajdarskij r-n v predelah listov L – 36 – 128 – A, B, V, G» - 1978-1981. (Fondovyj material KP «Yuzhekogeocentr») (Report on the GGC in m 1: 50,000 of the Western part of the Mountain Crimea, Baidar district, within sheets L - 36 - 128 - A, B, C, D" - 1978-1981. (Stock material of KP "South-Geogeocenter")) (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александров Борис Леонтьевич	доктор геолого-минералогических наук, профессор, Кубанский государственный аграрный университет
Амеличев Геннадий Николаевич	кандидат географических наук доцент кафедры землеведения и геоморфологии факультета географии, геоэкологии и туризма, Таврическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация
Бондарь Марина Николаевна	ведущий инженер Института сейсмологии и геодинамики (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, РФ.
Бурым Юлиан Андреевич	директор Государственного автономного учреждения ГАУ РК «КЭС» «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, РФ.
Вербицкий Сергей Тарасович	кандидат физ.-мат. наук, зав. отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
Герасименюк Галина Адамовна	инженер Карпатской ОМСП отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины. г. Львов, Украина.
Иванов Виктор Алексеевич	ведущий инженер Государственного автономного учреждения ГАУ РК «КЭС» «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, РФ.
Калинюк Игорь Викторович	кандидат физ.-мат. наук, зам. директора Института сейсмологии и геодинамики, (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, РФ.
Келеман Ирина Николаевна	зав. сейсмической станцией «Львов» Карпатской ОМСП отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
Клянчин Андрей Игоревич	инженер Государственного автономного учреждения ГАУ РК «КЭС» «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, РФ.

Костинский Александр Сергеевич	научный сотрудник Института сейсмологии и геодинамики (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, РФ.
Лысенко Виталий Иванович	кандидат геологических наук, доцент кафедры географии океана, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, филиал МГУ в г. Севастополь, Российская Федерация
Нищименко Ирина Михайловна	ведущий инженер отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
Окс Людмила Сергеевна	Преподаватель кафедры геофизических методов поисков и разведки, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
Прокопишин Василий Иванович	нач. Карпатской ОМСП отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
Пронишин Роман Семенович	научный сотрудник отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
Пустовитенко Бэла Гавриловна	доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института сейсмологии и геодинамики (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, РФ.
Самсонов Кирилл Александрович	инженер-программист Государственного автономного учреждения ГАУ РК «КЭС» «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, РФ.
Свидлова Валентина Алексеевна	младший научный сотрудник Института сейсмологии и геодинамики, (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, РФ.
Стецкив Александр Тарасович	кандидат физ.-мат. наук, младший научный сотрудник отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
Троян Вадим Васильевич	инженер-программист Государственного автономного учреждения ГАУ РК «КЭС» «Крымский экспертный совет по оценке сейсмической опасности и прогнозу землетрясений», г. Симферополь, РФ.
Токарев Игорь Владимирович	кандидат геолого-минералогических наук, ведущий специалист, НП СПГУ, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Токарев Сергей Викторович	старший преподаватель кафедры землеведения и геоморфологии факультета географии, геоэкологии и туризма, Таврическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация
Эзирбаев Тимур Борисович	кандидат технических наук, научный сотрудник отдела топливно-энергетического комплекса, ФГБУН «КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН», г. Грозный, РФ
Эльжаев Асламбек Сипаевич	кандидат геолого-минералогических наук, доцент ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет им. ак. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, РФ
Эреджепов Энвер Эльдарович	инженер 1 кат. Института сейсмологии и геодинамики (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, РФ.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Условные обозначения 4

Принятые сокращения названий сейсмических станций 5

РАЗДЕЛ 1.
ГЕОФИЗИКА И СЕЙСМОЛОГИЯ

Калинюк И. В., Свидлова В. А., Бондарь М. Н.
Сейсмичность Крыма в 2018 году 7

Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э., Бондарь М. Н.
Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2018 года 76

Клянчин А. И.
Макросейсмические проявления двух ощутимых землетрясений 24 апреля 2018 г. и 13 сентября 2018 г. 95

Вербицкий С. Т., Пронишин Р. С., Прокопишин В. И., Стецкив А. Т., Нищименко И. М., Келеман И. Н. Герасименюк Г. А.
Сейсмичность Карпат в 2018 году 106

Пустовитенко Б. Г., Бондарь М. Н.
Пространственно-временные свойства сложных последовательностей землетрясений Крыма в 2014 году 151

Костинский А. С.
Параметры землетрясений Крыма в 1980–1982 годах: ручная обработка и расчет по алгоритму на основе аналитического решения уравнений прямых волн 169

Бурым Ю. А., Иванов В. А., Самсонов К. А., Троян В. В.
Восстановление и развитие сейсмопрогностической сети на территории Крыма 183

РАЗДЕЛ 2.

ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ.

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Токарев С. В., Амеличев Г. Н., Токарев И. В.

Гидрохимические и гидродинамические особенности карстовых подземных вод юго-восточной части г. Симферополь в условиях антропогенно-нерушенного режима 199

Эльжаев А. С., Александров Б. Л., Окс Л. С., Эзирбаев Т. Б.

Возможности выделения продуктивных коллекторов в карбонатных разрезах на примере мезозойских отложений Предкавказья.....219

РАЗДЕЛ 3.

ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

Лысенко В. И.

Характеристика вулканогенной толщи верхнего триаса в юго-западной части Горного Крыма.....230

Сведения об авторах.....254

Содержание 257