

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

Научный журнал

Том 8 (74). № 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, 2022

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 № __ от «__» _____ 2022 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 палеогеография (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	Плохих Р.В., д.г.н., доцент (Казахстан)
Баранов П.Н., д.г.-м.н., д.г.н., профессор (Украина)	Позаченюк Е.А., д. г. н., профессор
Боков В.А., д. г. н., профессор	Попкова Л.И., д. г. н., доцент
Вольфман Ю.М., д. г.-м. н.	Пустовитенко Б.Г., д. ф.-м. н., с.н.с.
Воронин И.Н., д. г. н., профессор	Райко Гнято, д.г.н., профессор (Республика Сербская)
Дружинин А.Г., д. г. н., профессор	Совга Е.Е., д.г.н., с.н.с.
Ергина Е.И., д. г. н., профессор	Скребец Г.Н., к. г. н., доцент
Ибрагимов А. И. Оглы, д.г.н, профессор (Турция)	Старожилов В.Т., д.г.н., профессор
Кочуров Б.И., д.г.н., профессор	Страчкова Н.В., к. г. н., доцент
Линник В.Г., д.г.н, с.н.с.	Танжу Тосун, доктор политологии (Турция)
Лисецкий Ф.Н., д.г.н., профессор	Холощев А.В., д. г. н., профессор
Никитина М.Г., д. г. н., д. э. н., профессор	Шаповалов Ю.Б., д.г.-м.н., с.н.с.
Округин В.М., к.г.-м.-н., с.н.с.	Шаров Н.В., д.г.-м.н., профессор
Дублянский Ю.В., д. г.-м. н. (Австрия)	Швец А.Б., к. г. н., доцент
	Яковенко И.М., д. г. н., профессор

Подписано в печать __. __.2022. Формат 70x100 1/16 Объем 27,4 усл. п. л. Заказ № __. Цена: Бесплатно.
Тираж __ экз. Дата выхода в свет __. __.2022 Адрес редакции: 295007, г. Симферополь, проспект Вернадского, 4
Отпечатано в Издательском доме Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Адрес издательства и типографии: 295051, г. Симферополь, бул. Ленина, 5/7 <http://sn-geography.cfuv.ru>

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данный номер журнала содержит раздел «Геофизика и сейсмология», который 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 2021 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 2021 г.

В 2021 г. в Крымско-Черноморском регионе наблюдалась относительно слабая сейсмическая активность. Суммарная выделенная сейсмическая энергия в очагах землетрясений была примерно в 32 раза меньше среднегодового ее значения за предыдущий 10 лет. Всего за год зарегистрировано 96 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_{II}=4.6\div 10.2$, два из которых с $K_{II}>9.0$ вызвали сотрясения в населенных пунктах Кавказского побережья с интенсивностью $I_{max}\sim 3\div 4$ балла и одно с $K_{II}=8.8$ ощущалось на Южном берегу Крыма с $I_{max}\sim 2.5\div 3$ балла.

Для 11 землетрясений 2021 г. приведены спектральные и динамические параметры, полученные по амплитудным спектрам продольных и поперечных сейсмических волн, зарегистрированных на восьми станциях Крыма. Спектральные свойства очагов 10 землетрясений изучены по энергетическим спектрам записей объемных волн на сейсмической станции «Алушта».

В Карпатском регионе в 2021 году зарегистрировано 60 землетрясений, наибольшее число из которых приходится на глубоководную зону Вранча. Из этого района зарегистрировано 22 землетрясения в диапазоне энергетических классов $K_{r}=8.4\div 12.2$, произошедших на глубине $h=80\div 160$ км. В Тернопольской области произошло ощутимое землетрясение с интенсивностью $I_{max} = 5$ баллов.

Помимо результатов сейсмического мониторинга за 2021 год в этом номере журнала представлены также статьи научно-методического характера, в которых приведены результаты исследования кинематических обстановок и деформационных режимов сейсмогенеза Крымско-Черноморского региона с применением методов тектонофизического анализа разрывов и смещений в очагах землетрясений по данным решений их механизмов. Установлены основные особенности локальных трансформаций сейсмогенерирующих полей напряжений и общие закономерности образования сейсмических разрывов в условиях воздействия инверсионных полей напряжений. Рассмотрены случаи возможного отражения процессов сейсмогенного разрывообразования в особенностях геологического строения и современного развития Крыма и прилегающих территорий.

Редколлегия

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

Сейсмические станции Крымской сети

ALU	Алушта
FEO	Феодосия
SUDU	Судак
SEV	Севастополь
SIM	Симферополь
YAL	Ялта
TARU	Тарханкут
DNZ2	Донузлав-2
KERU	Керчь
OPUK	Опук

Сейсмические станции Молдовы

KIS	Кишинев
LEOM	Леово
SORM	Сороки
GIUM	Джурджулешты
MILM	Милештий Мичи

Украина

NE56	Одесса
------	--------

Сейсмические станции Карпатской сети

BERU	Берегово
BRIU	Брид
BRZU	Бережаны
CHRU	Черновцы
HOLU	Холмец
HORU	Городок
KMPU	Каменец-Подольский
KORU	Королево
KSV	Косов
LUBU	Любешка
LVV	Львов
MDZU	Меджибиж
MEZ	Межгорье
MORS	Моршин
MUKU	Мукачево
NSLU	Нижнее Селище
NDNU	Новоднестровск
RAK	Рахов
SHIU	Схидныця
STNU	Старуня
TRSU	Тросник
UZH	Ужгород

ЦОМЭ ГС РАН на Северном Кавказе

ANN	Анапа
GLDR	Гладковский
SPGR	Шапсуг
SOC	Сочи
GOYR	Гойтх
SUKR	Сукко
TMNR	Таманский
GUZR	Гузерпиль
RPOR	Красная Поляна
MRNR	Марьино

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, <i>мкм</i>
Az	– азимут направления с эпицентра на станцию, определенный по координатам эпицентра, <i>град</i>
E	– сейсмическая энергия, <i>Дж</i>
D	длительность записи колебаний от момента вступления продольной волны до полного прекращения колебаний, <i>с</i>
i, e	– индексы четкости определения фаз (i – четко, e – нечетко)
h	– глубина очага, <i>км</i>
I_k	– интенсивность землетрясения в пункте k в баллах по шкале MSK-64
I_{max}	– максимальная интенсивность сотрясений
K_п	– энергетический класс землетрясения по номограмме Пустовитенко
K_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(t₀)	– момент возникновения землетрясения (время по Гринвичу)
P_g, S_g	– времена вступлений прямых продольных и поперечных волн
P, S (P_n, S_n)	– времена вступлений головных или рефрагированных волн
P_{gm}, S_{gm}, P_{nm}, S_{nm}, P_m, S_m	– времена вступлений максимальных фаз продольных и поперечных волн
(P), (S)	– неуверенное определение типа волны

S-P	– разность времен пробега поперечных и продольных волн, <i>c</i>
T	– период колебания волны, <i>c</i>
α	– азимут направления на эпицентр, определенный по амплитудам первых вступлений волн, <i>град</i>
Δ	– эпицентральное расстояние, <i>км</i>
δh	– погрешность определения глубины очага, <i>км</i>
δK	– погрешность определения энергетического класса землетрясения
δt_0	– погрешность определения времени возникновения землетрясения, <i>c</i>
$\delta\varphi, \delta\lambda$	– погрешности определения координат эпицентра, <i>град</i>
$\varphi^\circ N, \lambda^\circ E$	– географические координаты эпицентра землетрясения, <i>град</i>

РАЗДЕЛ 1. ГЕОФИЗИКА И СЕЙСМОЛОГИЯ

УДК 550.348.435

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Свидлова В. А.¹, Бондарь М. Н.², Бойко В. А.³

^{1,2,3}*Институт сейсмологии и геодинамики, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация*

^{2,3}*Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства, Симферополь, Республика Крым, Российская Федерация*

E-mail: epicrimea@mail.ru

Сейсмические наблюдения в Крыму выполнялись сетью из 10 станций. Открыт новый пункт наблюдений «Опук». На основе материалов наблюдений описаны особенности сейсмичности Крымско-Черноморского региона в 2021 г. Приведены: карты представительной регистрации землетрясений и эпицентров; каталог, таблицы и графики распределения числа землетрясений и энергетических параметров по годам и районам, классам, глубинам региона. Показано, что в 2021 г. наблюдалась слабая сейсмическая активность. Всего за год локализовано 96 землетрясений. Суммарная выделенная сейсмическая энергия $\Sigma E = 48.61906 \cdot 10^9$ Дж меньше в ~32 раза среднегодового значения энергии за предыдущий 10 летний период. Два землетрясения с $K_{II} = 9.1$ и с $K_{II} = 9.5$ вызвали сотрясения в населенных пунктах Кавказского побережья интенсивностью $I_{max} \sim 3-4$ балла по шкале MSK64. Землетрясение 11 января в 20 ч 32 мин с $K_{II} = 8.8$ ощущалось на ЮБК с интенсивностью $I_{max} \sim 2.5-3$ балла.

Ключевые слова: сейсмичность, сейсмическая станция, эпицентр, гипоцентр, энергетический класс.

ВВЕДЕНИЕ

Инструментальный мониторинг сейсмических процессов в потенциально сейсмоопасном Крымско-Черноморском регионе осуществляется с 1928 года. В 2021 году инструментальные наблюдения выполнялись сетью из шести стационарных сейсмических станций геофизической обсерватории Института сейсмологии и геодинамики: «Симферополь» (SIM), «Севастополь» (SEV), «Ялта» (YAL), «Алушта» (ALU), «Судак» (SUDU), «Феодосия» (FEO) и четырех станций с дистанционной связью — «Тарханкут» (TARU), «Донузлав» (DNZ2), «Керчь» (KERU), «Опук» (OPUK), принадлежащих ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства» (ГАУ «КРЦ»). Новый пункт регистрации «Опук» (OPUK) начал работать 19 мая 2021 г.

Техническое обслуживание и первичная обработка материалов наблюдения на станциях ГАУ «КРЦ» проводится совместно с Институтом сейсмологии и геодинамики КФУ.

1. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ

Расположение сейсмических станций показано на рис. 1. Новый пункт наблюдений «Опук» расположен в с. Марьевка Ленинского района. Общие сведения о

станциях приведены в таблице 1. Параметры регистрирующей аппаратуры сейсмических станций региона представлены в таблицах 2 и 3.

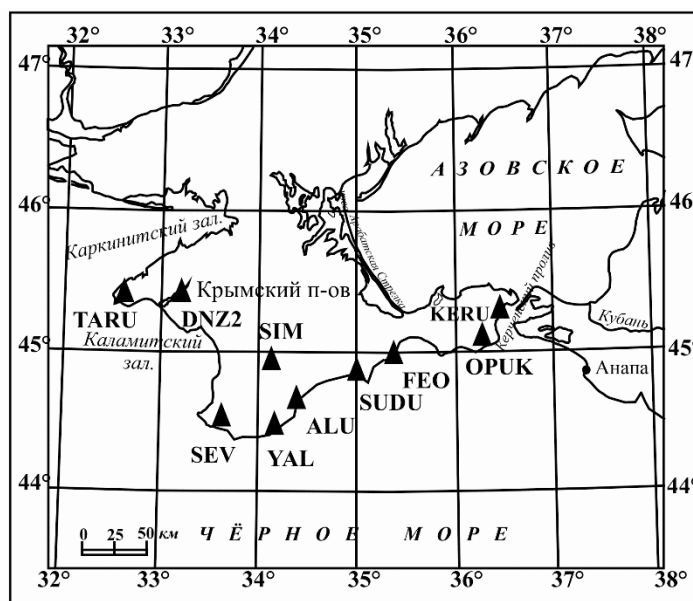


Рис. 1. Крымская сеть сейсмических станций в 2021 г.

Таблица 1.

Сейсмические станции Крыма (в хронологии их открытия), работавшие в 2021 г.

№	Станция		Дата открытия	Начало цифровой регистрации	Координаты			Подпочва
	Название	Код межд. рег.			φ°, N	λ°, E	h _y , м	
1	«Феодосия»	FEO Фдс	11.10.1927	13.09.2006	45.02	35.39	40.0	мергелистая глина
2	«Ялта»	YAL Ялт	13.03.1928	05.07.2000	44.48946	34.15337	23.6	шиферные сланцы
3	«Симферополь»	SIM Смф	14.05.1928	25.06.2000	44.9494	34.1161	275.0	нуммулитовый известняк
4	«Севастополь»	SEV Свс	28.06.1928	20.08.2006	44.54499	33.6792	42.0	суглинки
5	«Алушта»	ALU Алш	03.10.1951	12.07.2006	44.68	34.40	61.0	глинистые сланцы
6	«Судак»	SUDU Суд	18.10.1988	15.10.2006	44.8883	34.9967	108.0	глинистые сланцы
7	«Керчь»	KERU Кер	19.05.1997	07.03.2007	45.3051	36.4532	70.2	мшанковый известняк
8	«Тарханкут»	TARU TARU	11.07.2012	11.07.2012	45.3678	32.5321	10.0	известняк
9	«Донузлав»	DNZ2 Днз2	26.07.2019	26.07.2018	45.3747	33.2144	56.0	известняк
10	«Опук»	OPUK OPUK	19.05.2021	19.05.2021	45.1159	26.243	80.0	мшанковый известняк

Наблюдательный пункт «Опук» соответствует требованиям к региональным станциям согласно документу [1], так как среднесуточный уровень шумов не

превышает верхний уровень модели шумов Петерсона в диапазоне частот от 0.1 до 10 Гц.

На графиках, представленных на рис. 2, показаны зависимости спектральной плотности микросейсмического фона от частоты, которые сравниваются относительно верхнего (NHMN) и нижнего (NLMN) уровней модели шумов Петерсона [2].

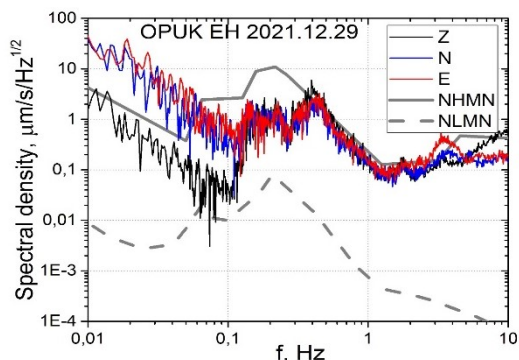


Рис. 2. Спектральная плотность сейсмического фона на пункте наблюдения «Опук».

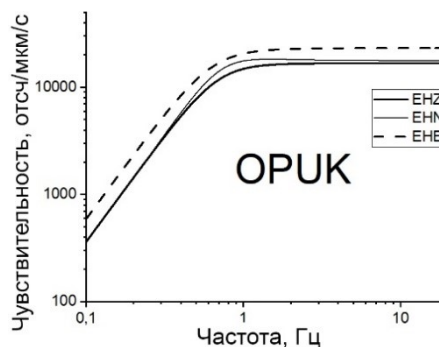


Рис. 3. Станция «Опук», группа EH.

На рисунке 3 приведены графики АЧХ каналов ЦСС «Байкал» на новой станции «Опук». Графики АЧХ остальных ЦСС приведены в работе [3].

Все сейсмические станции Крыма оборудованы цифровой регистрирующей аппаратурой с различными техническими характеристиками.

На региональных станциях «Севастополь» – SEV, «Алушта» — ALU, «Судак» — SUDU, «Феодосия» — FEO продолжают регистрацию 12-разрядные ЦСС MSP (табл. 2). Как отмечалось неоднократно, основным недостатком цифровых регистраторов MSP [3] является малый динамический диапазон, не позволяющий воспроизвести колебания, соответствующие максимальным амплитудам сильных землетрясений.

Таблица 2.

Основные параметры ЦСС MSP Крыма в 2021 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	

Семь станций Крыма оборудованы широкополосной аппаратурой с большим динамическим диапазоном – ЦРСС «Байкал-8» [4], параметры которых приведены в табл. 3. Эксплуатация этих станций позволяет выполнять сбор сейсмических данных в режиме онлайн. Соответственно срочная сводная обработка землетрясений региона осуществляется в режиме, близком к реальному времени.

Таблица 3.
Основные параметры цифровых сейсмических станций Крыма
«БАЙКАЛ-8» в 2021 г.

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	ЕHZ	1.0 – 20/100	132/24	8623	21.06. 2016
		ЕHN			8680	
		ЕHE			11594	
«Симферополь» / SIM / SIM	СМ-3	ЕHZ	0.6 – 30/100		17547	1.04. 2016
		ЕHN			19894	
		ЕHE			19085	
«Тарханкут» /TARU/TARU	СМ-3	ЕHN	0.6 – 30/100		3572	07.07. 2017
		ЕHE			5314	
		ЕHE			6373	
«Ялта» /YAL/YAL	СХ	ЕHZ	1.0 – 20/100		7778	13.04. 2016
		ЕHN			6090	
		ЕHE			5877	
«Донузлав» /DNZ2/DNZ2	СМ-3	ЕHZ	0.6 – 30/100		7291	26.07. 2018
		ЕHN			6252	
		ЕHE			7230	
«Керчь» /KERU/KERU	СМ-3	ЕHZ	0.6 – 30/100		11779	22.05. 2019
		ЕHN			11140	
		ЕHE			10565	
«Опук» /ОПУК/ОПУК	СМ-3	ЕHZ	0.6 – 30/100		16766	19.05. 2021
		ЕHN			17787	
		ЕHE			23234	

2. АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Чувствительность сети Крыма в целом не изменилась. На рисунке 4 показаны контуры представительной регистрации от $K_{\min}=6$ до $K_{\min}=9$ на территории региона. По-прежнему практически для всего региона возможна регистрация без пропусков землетрясений с $K_{\Pi}=9.0$ (по региональной классификации [5]). Изолиния $K_{\min}=8$ покрывает всю территорию Крымского п-ова и Таманский п-ов [6]. Пока в расчеты изолиний не входят данные станции «Опук», которая зарегистрировала десять крымских землетрясений, только три из них с полной волновой картиной. На локальном участке территории региона сеть Крыма регистрирует без пропуска землетрясения на уровне $K_{\Pi}=6$.

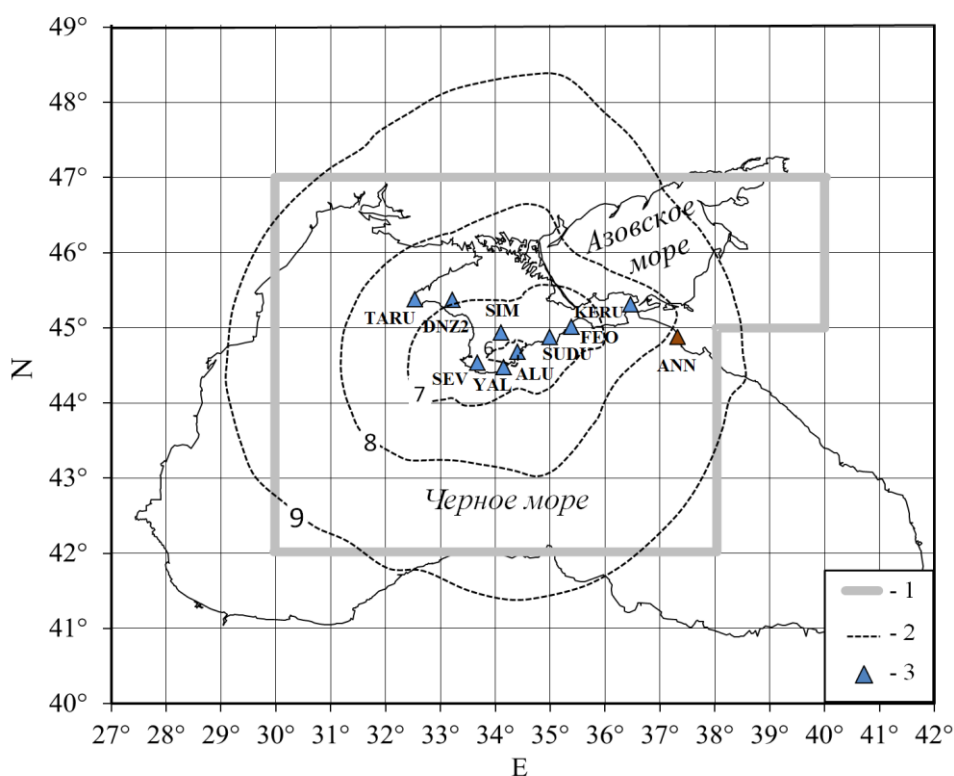


Рис. 4. Карта энергетической представительности землетрясений в изолиниях K_{\min} : 1 — граница региона; 2 — изолинии K_{\min} ; 3 — сейсмическая станция.

На рисунке 5 представлена гистограмма, отражающая вклад каждой станции в результаты инструментальных сейсмических наблюдений, обусловленная не только аппаратурными регистрационными возможностями, но и ее расположением относительно очаговых зон региона.

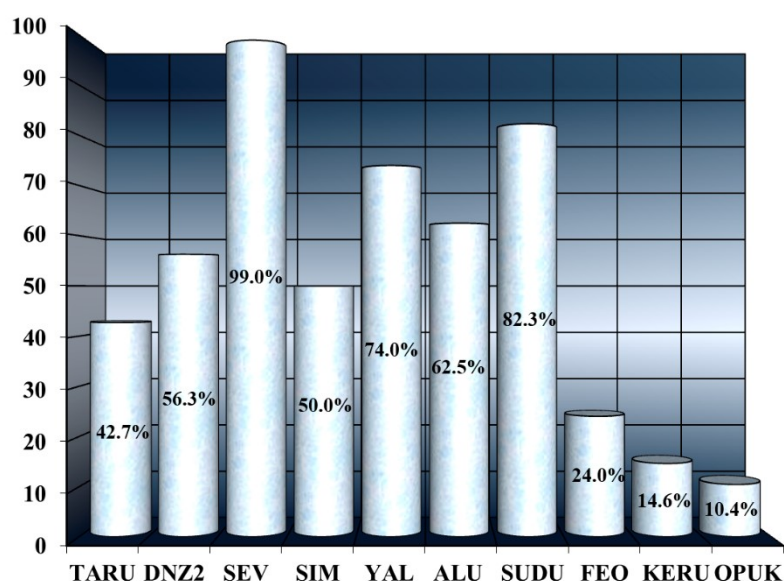


Рис. 5. Количество землетрясений (в %), зарегистрированных станциями от общего числа землетрясений Крыма за 2021 г.

Необходимо отметить, что наиболее эффективными станциями, как и прежде, являются стационарные станции «Севастополь» и «Судак». В этом году повышен относительный коэффициент участия станции «Ялта». Высокий уровень микросейсмических помех снижает чувствительность станции «Симферополь».

Первичная интерпретация полученных цифровых материалов наблюдений по-прежнему выполняется с использованием программного комплекса WSG [7] на всех сейсмических станциях. При сводной обработке, расчеты основных кинематических параметров выполняются в региональной программе GPO последней версии [8, 9].

Оценка динамических параметров сейсмических волн землетрясений дана по материалам регистрации каждой цифровой станции. Методика их определения не изменилась [5, 10, 11, 12].

Как обычно, при расчетах гипоцентров использованы данные из бюллетеня станции «Анапа». Отдельные цифровые записи землетрясений станциями Северного Кавказа скачивались через удаленный доступ и обрабатывались самостоятельно. Дополнительно привлекались времена вступлений сейсмических волн, взятых из электронного оперативного каталога EMSC [13], из них на станциях России: GLDR, GOYR, GUZR, SUCR, TMNR, SPGR, SOC, RPOR, MRNR — для некоторых землетрясений Керченско-Анапского района; на станциях Северной Турции: BTIN, BZK, BOYA, CIDE, DIKM, KAGI, PELI, SEYI, SINO, SINP, KURC, KELT — для землетрясений Черноморской впадины; на станциях Румынии: TIRR, TLCR; Молдовы: KIS и Украины: NE56 (Одесса) — для землетрясений Северо-Западного района региона.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

В 2021 году в Крымско-Черноморском регионе в пределах условных границ ($\varphi=42^\circ-47^\circ\text{N}$, $\lambda=30^\circ-40^\circ\text{E}$) (см. рис. 8) зарегистрировано 96 землетрясений, для которых определены координаты гипоцентров.

По материалам сводной обработки полученной сейсмологической информации составлены региональный каталог и подробные данные о всех сейсмических событиях, которые представлены в таблицах 7 и 8, размещенных в конце настоящей статьи.

Классификация землетрясений в основном каталоге выполнена по следующим энергетическим параметрам: энергетический класс $K_{\text{п}}$ [5] и класс по длительности KD [10] для всех землетрясений; для землетрясений с $K_{\text{п}} \geq 8.5$, магнитуды по коду M_c [11] — для 5 землетрясений, по длительности MD [12] — для 15, MSH — для 17.

Для 12 событий региона получены спектральные и динамические параметры их очагов, приведенные в работе Пустовитенко Б. Г., Эреджепова Э. Э., Бондарь М. Н.

Магнитуда MSH рассчитана в программе WSG [7] как локальная по максимуму поперечной волны S . Диапазон энергетических классов равен $K_{\text{п}}=4.6-10.2$, диапазон магнитуд — $M_c=2.4-3.2$, $MD=2.6-3.7$, $MSH=2.5-3.5$, соответственно. Ощутимых землетрясений в 2021 году — три: одно в Ялтинском районе №2 и два в Керченско-Анапском №5.

Общее число локализованных в 2021 г. землетрясений незначительно возросло до $N_{\Sigma}=96$ (против $N_{\Sigma}=88$ в 2020 г.) и превышает среднее значение, $N_{\text{ср}}=81$ за десятилетний период наблюдений (табл. 4). При этом суммарная сейсмическая энергия в 2021 г. составляет $\Sigma E=48.6190 \cdot 10^9 \text{ Дж}$, то есть в 5 раз меньше годовой энергии 2020 г. [6] — $\Sigma E=247.8695 \cdot 10^9 \text{ Дж}$, и в ~ 32 раза меньше среднегодового значения за предыдущие 10 лет — $\Sigma E_{\text{ср.}}=1572 \cdot 10^9 \text{ Дж}$.

В таблице 4 приведены: число землетрясений за год N_{Σ} и суммарная, выделившаяся в очагах этих землетрясений сейсмическая энергия ΣE , а также энергетический уровень самого сильного землетрясения года K_{max} .

Таблица 4.

Распределение числа землетрясений и суммарной сейсмической энергии по годам за 2011–2021 гг.

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Сред- нее	2021
K_{max}	11	12	10	11	11	13	11	11	10	11	81	10
N_{Σ}	92	53	64	119	58	59	89	100	85	88	81	96
$\Sigma E, 10^9$ <i>Дж</i>	144	1288	53	191	149	13104	131	364	49	248	1572	49

Варьирование в течение 11 лет логарифма годовой сейсмической энергии проиллюстрировано на рисунке 6. Пунктирная линия соответствует средней величине сейсмической энергии за предшествующие 10 лет наблюдений.

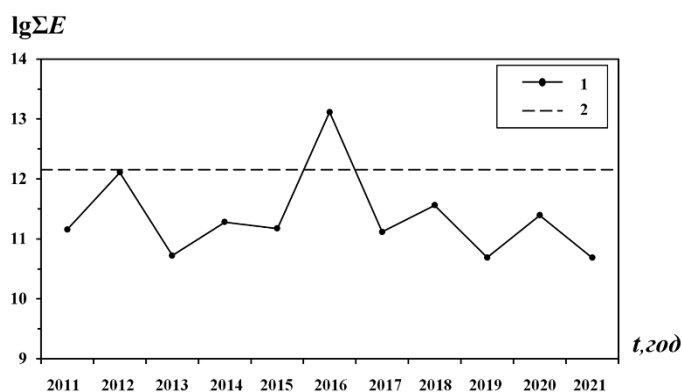


Рис. 6. Распределение суммарной выделенной энергии ΣE (1) в Крымско-Черноморском регионе за 2011–2021 годы. Среднее значение ΣE (2).

График, отражающий одиннадцатилетний ряд наблюдений в регионе, показывает, что после всплеска сейсмической активности в 2016 г., последующие четыре года наблюдается невысокий уровень активизации. В 2021 году произошло значительное падение количества выделенной энергии, ниже минимального экстремума 2019 года.

Из рисунка 7 следует, что максимальное число землетрясений в 2021 году — на уровне 7-го класса. Это характерно и для распределения по классам средних чисел за предыдущие 10 лет, в течение которых менялись интервалы энергетических классов. Однако в 2021 году отсутствуют землетрясения в интервале классов более $K \sim 10$. Два самых сильных землетрясения 2021 года 2 июня в 18 ч 16 мин и 11 сентября в 06 ч 33 мин с $K_{\max}=10.2$, $MSH=3.5$ — неощутимые.

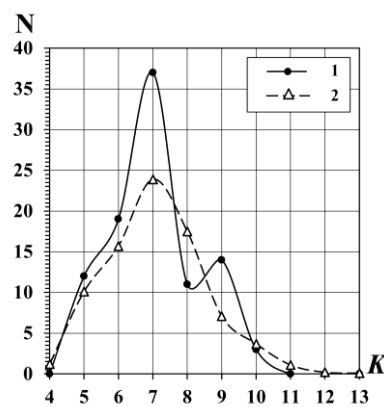


Рис. 7. Распределение числа землетрясений по классам за 2021 г. (1) и средних чисел за 10 лет (2).

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

На рисунке 8 отражено пространственное распределение эпицентров всех местных землетрясений с энергетическими классами $K_{\Pi}=4.6-10.2$ в 2021 г., а также условные границы районов региона: 1 — Севастопольский, 2 — Ялтинский, 3 — Алуштинский, 4 — Судакско-Феодосийский, 5 — Керченско-Анапский, 6 — Степной Крым, 7 — Азово-Кубанский, 8 — Северо-Западный, 9 — Черноморская впадина.

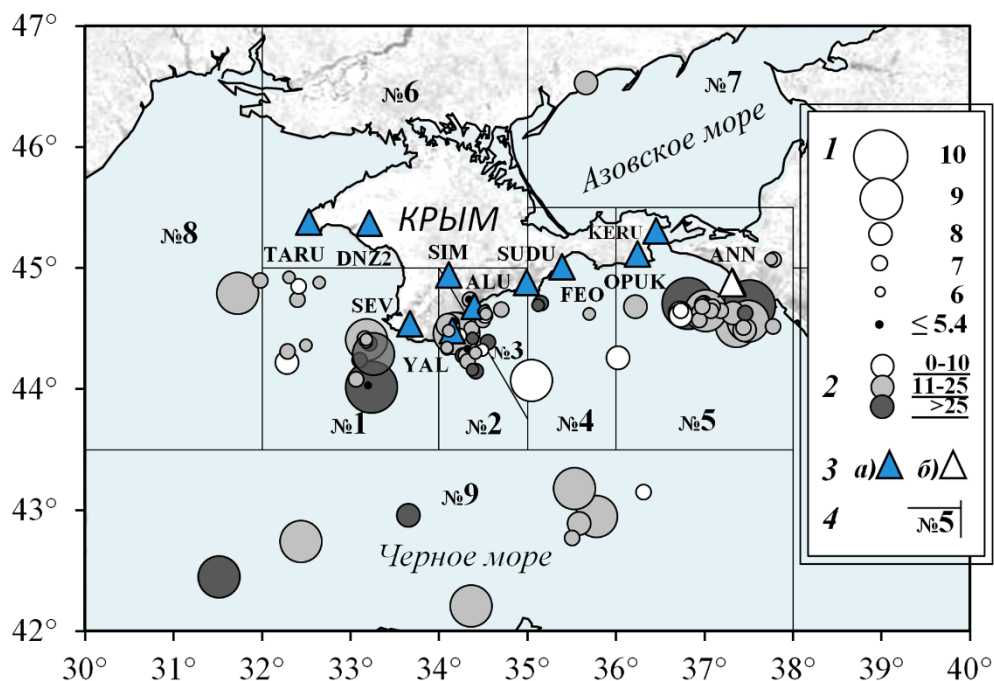


Рис. 8. Карта эпицентров землетрясений Крыма в 2021 г. 1 — энергетический класс K_{Π} ; 2 — глубина гипоцентра h , км; 3 — сейсмическая станция, а) Крымская сеть, б) сеть Северного Кавказа; 4 — граница района.

Пространственное распределение землетрясений, в основном, традиционно: наибольшая плотность эпицентров просматривается в центре региона — в Ялтинском (№2) и Алуштинском (№3) районах и в Керченско-Анапском районе (№5). Как обычно, преобладающее число эпицентров землетрясений сосредоточено в пределах морской акватории.

Распределение глубин залегания очагов землетрясений неравномерно (рис. 8): в различных районах помимо землетрясений на средней глубине $h=11-25$ км, также присутствуют либо поверхностные землетрясения с $h \leq 10$ км, либо относительно заглубленные с $h > 25$ км.

В таблице 5 отражено распределение числа землетрясений Крымско-Черноморского региона по районам и энергетическим классам в 2021 г.

Таблица 5.

Распределение числа землетрясений по энергетическим классам $K_{П}$ и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам в 2021 г.

№	Район Наименование	Число землетрясений											ΣN	ΣE , 10^9 Дж
		Энергетический класс												
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Севастопольский	-	1	5	8	1	2	1	-	-	-	18	17.290106	
2	Ялтинский	-	4	7	6	1	2	-	-	-	-	20	1.268785	
3	Алуштинский	-	7	4	5	-	-	-	-	-	-	16	0.077889	
4	Судакско-Феодосийский	-	-	2	1	-	1	-	-	-	-	4	1.274510	
5	Керченско-Анапский	-	-	1	14	6	3	2	-	-	-	26	22.27169	
6	Степной Крым	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	Азово-Кубанский	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0.079433	
8	Северо-Западный	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2	2.521886	
9	Черноморская впадина	-	-	-	2	2	5	-	-	-	-	9	3.834760	
	Всего	-	12	19	37	11	14	3	-	-	-	96	48.619060	
	Всего в 2020 г.	1	17	14	29	18	6	2	1			88	247.8695	

Как следует из таблицы 5, максимум выделенной энергии ΣE и числа землетрясений относится к Керченско-Анапскому району №5.

Ниже рассмотрены особенности сейсмичности отдельных районов в соответствии с подробными данными о землетрясениях Крымско-Черноморского региона (табл. 8).

В Севастопольском районе (№1) в течение 2021 года зарегистрировано 18 событий с классами от $K_{П} = 5.2$ до $K_{П} = 10.2$. Сейсмическая активность этого района на втором месте в регионе. Суммарная выделившаяся энергия почти на два порядка выше соответствующего её уровня в 2020 г. [6]. Здесь произошло и землетрясение максимального класса $K_{П} = 10.2$. Очаги всех землетрясений находятся в море на глубинах $h = 5-45$ км. Эпицентры рассредоточены по всей площади района на расстояниях $\Delta = 42-117$ км от станции «Севастополь», в том числе вблизи границ шестого и восьмого районов.

Таблица 6.

Предполагаемые подводные взрывы в Севастопольском районе региона за 2021 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			$K_{П}$
			φ° , N	λ° , E	h , км	
1	26.08	01 18 57.3	44.71	32.41	22	5.9
2	26.08	01 19 8.6	44.71	32.41	22	5.0
3	08.10	18 21 41.6	44.54	33.22	0	4.6
4	08.10	18 22 15.9	44.54	33.22	0	6.4

В таблице 6 дополнительно приведены основные параметры двух двойных сейсмических явлений, которые с учетом особенностей волновой картины записей

отнесены к возможным подводным взрывам, хотя информация о техногенной природе этих событий в настоящее время отсутствует.

В **Ялтинском** районе (№2) так же, как и в первом районе, суммарная выделившаяся сейсмическая энергия увеличилась почти на два порядка, по сравнению с ее уровнем в 2020 году. Здесь зарегистрировано 20 землетрясений с классами от $K_{II}=5.2$ до $K_{II}=8.8$. Наиболее сильное землетрясение с $K_{II}=8.8$ произошло 11 января в 20 ч 32 мин и ощущалось в Ялте с интенсивностью $I=2.5-3$ балла, в Массандре, Ливадии — $I=2-3$ балла. Прямой опрос населения сотрудниками сейсмостанции «Ялта» положительных результатов не дал. Сведения о макросейсмических проявлениях получены от восьми респондентов сотрудником сейсмостанции «Пулково» Клянчиным А. И., с помощью интерактивной анкеты в соцсетях. Очаг этого толчка располагался в трех км юго-восточнее сейсмостанции «Ялта» на глубине $h=12$ км.

Минимальный уровень сейсмической энергии приходится на **Алуштинский** район (№3). Здесь зафиксировано 16 землетрясений только небольших энергетических классов $K_{II}=4.6-7.4$. С 2 по 6 мая отмечен «рой» из 10 наиболее слабых толчков, с эпицентрами северо-восточнее станции «Алушта» на расстояниях $\Delta=10-13$ км и глубиной $h=18-25$ км.

Слабая сейсмичность **Судакско-Феодосийского** района (№4) активизировалась к концу года, когда реализовалось землетрясение с $K_{II}=9.1$, очаг которого расположен в море на границе с третьим районом на глубине $h=8$ км. Еще в этом районе локализовано три слабых толчка с классами от $K_{II}=6.0$ до $K_{II}=7.1$ и глубинами $h=18-28$ км. Количество выделившейся сейсмической энергии на два порядка больше таковой в 2020 году.

Керченско-Анапский (№5) район в 2021 году является наиболее активным в регионе, как и в 2020 году, при этом годовая сейсмическая энергия снизилась на порядок. Крымской сейсмической сетью зарегистрировано 26 землетрясений с $K_{II}=6.3-10.2$.

В очагах этих землетрясений высвободилось 45.8% от общего количества годовой сейсмической энергии. Очаги большинства землетрясений расположены в земной коре акватории Черного моря на глубинах в пределах от $h=6$ км до $h=34$ км. Одно землетрясение – заглубленное. Это толчок максимального класса $K_{II}=10.2$ и с максимальной глубиной $h=43$ км реализовался 11 сентября в 06 ч 33 мин без проявления макросейсмического эффекта.

Два более слабых землетрясения, вызвали сотрясения в населенных пунктах Кавказского побережья Черного моря. Первое 13 марта в 22 ч 15 мин с $K_{II}=9.1$, $h=11$ км с максимальной интенсивностью $I=3-4$ балла и второе 17 сентября в 16 ч 50 мин с $K_{II}=9.5$, $h=34$ км с $I=2.5$ балла по шкале MSK64 [14].

В слабоактивном районе **Степной Крым** (№6) – полное сейсмическое затишье. Практически не изменился уровень сейсмической активности **Азово-Кубанского** района (№7). Здесь отмечено одно землетрясение с $K_{II}=7.9$, эпицентр которого удален на расстоянии $\Delta=169$ км от ближайшей станции «Феодосия». Глубина оценена как средняя для региона, $h=20\pm 20$ км.

Сейсмичность двух других краевых районов региона, **Северо-Западного (№8)** и **Черноморской впадины (район №9)** проявилась на уровне максимального класса $K_{II} \sim 9$ и это по сравнению с параметрами 2020 года на порядок ниже в восьмом районе и на порядок выше в девятом. В районе №8 – два землетрясения с классами $K_{II} = 7.0$ и $K_{II} = 9.4$, на глубинах $h = 12$ км и $h = 24$ км. В Черноморской впадине — девять землетрясений с $K_{II} = 7.3-9.1$, пять из них с $K_{II} \sim 9$. Глубина землетрясений — различная: от $h = 7$ км до $h = 42$ км.

Далее приведены рисунки, отражающие особенности сейсмичности всего региона в целом. На рисунке 9 показано число землетрясений N и логарифм высвободившейся сейсмической энергии ΣE , в каждом районе региона за 2021 г., а на рисунке 10 – распределение числа землетрясений N по глубинам.

Рисунок 9 иллюстрирует, что абсолютный максимум как числа землетрясений, так и количества высвободившейся в их очагах сейсмической энергии в течение года, приходится на Керченско-Анапский (№5) район.

Глубина очагов меняется в интервале от $h = 5$ км до $h = 45$ км. 66.7% всех землетрясений имеют среднюю глубину от $h = 11$ км до $h = 25$ км, а 17.6% — с глубиной от $h > 25$ км до $h = 35$ км (рис. 10). К зоне перехода кора-мантия, $h > 35$ км можно отнести 4.2% числа толчков, что согласуется с выводами о глубинах залегания очагов в регионе по результатам многолетних наблюдений [15].

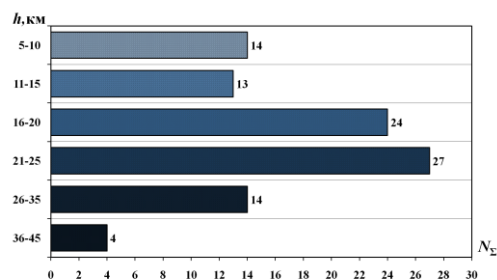
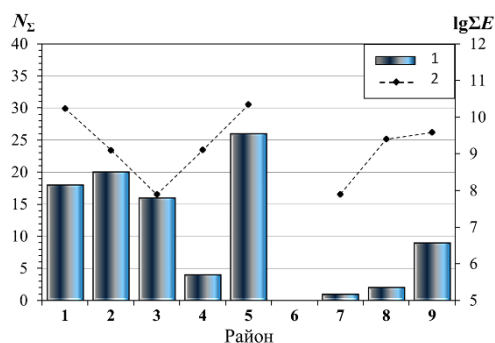


Рис. 9. Распределение числа N_{Σ} (1) землетрясений и суммарной выделенной энергии ΣE (2) по районам.

Рис. 10. Распределение по глубинам числа землетрясений N_{Σ} за 2021 г.

Развертка во времени значений энергетических классов землетрясений, зарегистрированных в 2021 г., показана на рисунке 11.

Рассматривая динамику высвобождения сейсмической энергии в течение года, можно отметить, что в первые месяцы года сейсмические события различных энергетических классов происходили сравнительно разреженно. С конца марта наблюдалось более плотное число событий, которые предшествовали землетрясению максимального класса в начале июня. После этого более трех месяцев была относительно спокойная обстановка до второго землетрясения максимальной

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

энергии. Вслед за этим толчком сейсмическая деятельность проявлялась более равномерно до конца года.

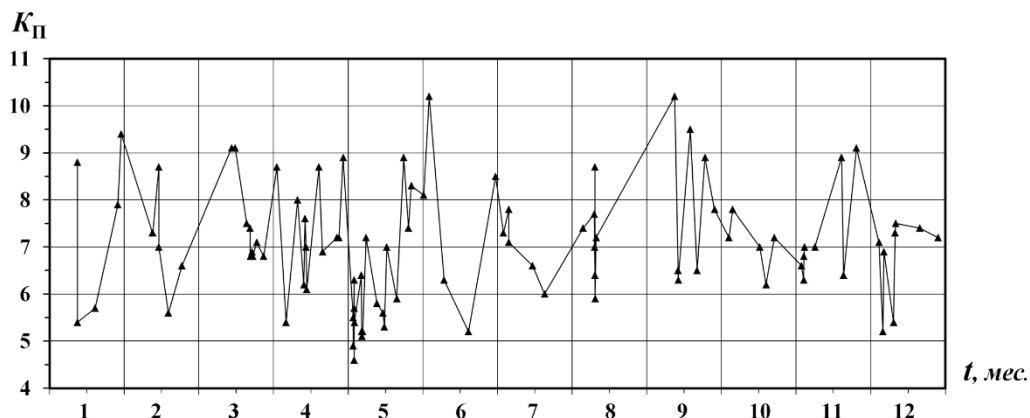


Рис. 11. Временной ряд землетрясений в 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2021 г. оптимизирована конфигурация системы непрерывного сейсмического мониторинга Института сейсмологии и геодинамики КФУ им. В. И. Вернадского, которая контролирует сейсмические процессы в пределах Крымско-Черноморского региона и сопредельных территорий. Открыт новый пункт наблюдений «ОРУК» на юге Керченского полуострова

На основе полученной информации в ходе мониторинга сейсмичности Крымско-Черноморского региона, составлен каталог и подробные данные о землетрясениях с основными кинематическими и динамическими параметрами, проведен анализ и обрисованы особенности сейсмичности отдельных районов региона.

В 2021 г. наблюдалась слабая сейсмическая активность региона в целом, с незначительным усилением в отдельных районах региона относительно ситуации в предыдущем году. Три землетрясения – ощутимые, одно из них вызвало сотрясения на территории Крымского п-ова. Это землетрясение с $K_p=8.8$ произошло 11 января в 20 ч 32 мин и ощущалось в Ялте с интенсивностью $I=2.5-3$ балла, в Массандре, Ливадии — $I=2-3$ балла.

Региональный каталог за 2021 г. содержит сведения о 96 сейсмических событиях, для которых определены координаты гипоцентров. Максимальное количество годовой сейсмической энергии, 45.8% выделилось в очагах землетрясений Керченско-Анапского района (№5). Из них два толчка с $K_p=9.1$ и $K_p=9.5$ вызвали сотрясения в населенных пунктах Кавказского побережья Черного моря. Максимальная наблюдаемая интенсивность сотрясений — $I_{max} \sim 3-4$ балла.

Таблица 7.

Каталог землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2021 г.
(Составители: З. Н. Сыкчина, Н. М. Козиненко, Л. Ю. Бекмамбетова,
М. Н. Бондарь, Г. П. Антонюк, В. А. Антонюк, И. В. Курьянова, Ж. В. Лукьянова,
В. А. Подвинцев)

Время возникновения землетрясения, t_0							Координаты эпицентра				Глубина очага			Энергетический класс			Район	Магнитуда		
месяц	число	час	мин	сек	δt_0	C_t	$\varphi^\circ N$	$\lambda^\circ N$	$\delta\varphi, \delta\lambda$	C_p	$h, км$	$\delta h, км$	C_h	$K_n [2]$	δK	n		C_k	$M_c [8]$	M_{SH}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	11	20	23	53.1	0.1	1	44.46	34.17	0.02	1	12	1	2	8.8	0.3	8	1	2	2.4	2.9
1	11	20	26	17.1	0.2	2	44.48	34.20	0.02	5	11	1	3	5.4	0.3	4	1	2		
1	19	0	20	32.3	0.5	2	44.30	34.41	0.02	4	21	4	3	5.7	0.2	6	1	2		
1	28	19	15	43.7	1.0	2	46.53	35.66	0.09	5	20	20	3	7.9	0.4	7	1	7		
1	30	0	52	32.8	0.2	2	44.79	31.72	0.09	4	24	8	3	9.4	0.5	8	1	8		3.0
2	11	3	12	44.9	0.2	2	43.15	36.31	0.02	5	7	2	3	7.3	0.3	5	1	9		
2	11	6	9	32.6	0.2	1	44.85	32.41	0.03	3	5	2	3	7.3	0.4	3	1	1		
2	13	20	5	9.9	0.1	1	44.46	34.19	0.05	2	10	6	3	8.7	0.3	8	1	2	2.4	2.6
2	13	20	6	16.5	0.6	2	44.44	34.22	0.03	4	10	5	3	7.0	0.4	4	1	2		
2	17	14	1	8.9	0.2	2	44.88	32.65	0.01	4	20	0	3	5.6	0.3	3	1	1		
2	22	23	37	17.3	0.2	2	44.68	37.09	0.03	4	22	2	3	6.6	0.2	5	1	5		
3	13	22	15	23.9	0.1	1	44.52	37.36	0.05	1	11	6	3	9.1	0.4	10	1	5		2.7
3	15	7	30	1.9	0.2	2	42.95	35.78	0.03	2	23	4	3	9.1	0.3	9	1	9		2.9
3	20	1	47	43.8	0.2	1	44.22	32.28	0.03	2	10	3	3	7.5	0.4	6	1	1		
3	21	13	9	38.4	0.2	2	44.71	36.99	0.01	4	26	1	3	7.4	0.6	3	1	5		
3	21	16	8	23.9	0.2	2	44.70	36.97	0.04	4	21	3	3	6.8	0.3	3	1	5		
3	22	7	21	8.4	0.2	2	44.68	36.98	0.02	4	21	2	3	6.9	0.3	3	1	5		
3	22	20	28	33.6	0.2	2	44.64	37.07	0.02	4	23	2	3	6.8	0.3	3	1	5		
3	24	6	54	59.9	0.5	1	44.71	35.15	0.03	3	28	2	3	7.1	0.5	7	1	4		
3	27	2	53	4.9	0.2	2	44.68	36.97	0.02	4	25	2	3	6.8	0.2	7	1	5		
4	1	12	26	36.4	0.2	2	42.45	31.51	0.04	4	42	4	3	8.7	0.4	6	1	9		2.9
4	5	2	27	53.8	0.7	2	44.74	34.34	0.07	3	17	5	3	5.4	0.2	5	1	3		
4	9	23	33	22.7	0.2	2	42.89	35.58	0.06	5	20	6	3	8.0	0.4	5	1	9		
4	12	7	37	11.2	0.8	2	44.42	34.38	0.05	4	32	4	3	6.2	0.2	4	1	2		
4	12	23	27	53.9	0.9	1	42.96	33.65	0.04	3	28	6	3	7.6	0.4	6	1	9		
4	13	3	6	34.6	0.2	2	44.90	31.98	0.02	4	12	0	3	7.0	0.7	4	1	8		
4	13	11	56	14.4	0.2	2	44.92	32.31	0.01	4	22	0	3	6.1	0.3	2	1	1		
4	18	10	57	59.8	0.2	1	44.56	37.49	0.04	1	20	5	3	8.7	0.3	10	1	5		2.5
4	19	23	53	40.4	0.1	1	44.57	34.49	0.01	1	21	1	3	6.9	0.3	8	1	3		
4	25	16	16	40.3	0.2	2	44.74	32.40	0.02	4	20	1	3	7.2	0.2	3	1	1		
4	26	10	46	10.3	0.2	2	44.42	33.16	0.01	4	16	0	3	7.2	0.3	3	1	1		
4	28	1	43	35.1	0.3	1	44.65	37.01	0.06	1	25	5	3	8.9	0.2	10	1	5		2.8
5	2	1	9	56.3	0.1	2	44.62	34.53	0.06	3	24	9	3	5.5	0.2	5	1	3		
5	2	2	6	33.4	0.5	2	44.65	34.54	0.09	4	18	10	3	4.9	0.1	4	1	3		
5	2	18	13	5.7	0.8	2	44.64	34.51	0.09	3	20	10	3	6.3	0.1	5	1	3		
5	2	18	46	36.2	0.4	2	44.64	34.52	0.10	3	22	12	3	5.7	0.3	4	1	3		
5	2	18	47	27.6	0.5	2	44.64	34.52	0.10	8	22	12	5	4.6	0.5	1	1	3		
5	2	19	50	25.7	0.4	2	44.63	34.53	0.08	4	25	8	3	5.4	0.1	5	1	3		
5	5	16	33	8.5	0.4	2	44.64	34.51	0.11	3	21	8	3	6.4	0.3	5	1	3		
5	5	21	8	1.0	0.5	2	44.67	34.53	0.09	4	12	10	3	5.2	0.2	4	1	3		

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 7.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
5	5	23	8	55.8	0.6	2	44.62	34.55	0.07	4	18	14	3	5.1	0.3	5	1	3		
5	6	2	25	27.9	0.5	2	44.62	34.53	0.10	4	18	11	3	5.2	0.1	5	1	3		
5	7	16	6	50.7	0.2	2	44.00	33.06	0.04	4	45	2	3	7.2	0.3	7	1	1		
5	12	0	29	58.1	0.8	2	44.32	34.49	0.01	4	10	2	3	5.8	0.3	6	1	2		
5	14	17	9	21.7	0.1	2	44.34	34.09	0.09	4	15	10	3	5.6	0.3	2	1	2		
5	15	4	33	47.3	0.2	2	44.33	34.32	0.05	4	10	10	3	5.3	0.6	2	1	2		
5	16	5	17	53.5	0.3	1	44.08	33.06	0.04	2	16	1	3	7.0	0.4	6	1	1		
5	20	10	50	50.6	0.1	2	44.33	34.09	0.09	4	14	10	3	5.9	0.2	2	1	2		
5	23	6	16	3.3	0.3	1	44.29	33.26	0.05	3	26	5	3	8.9	0.3	7	1	1	2.6	2.8
5	25	6	1	40.8	0.2	1	44.28	34.27	0.02	2	27	2	2	7.4	0.3	7	1	2		
5	26	14	24	22.2	0.2	1	44.26	36.02	0.03	2	6	2	2	8.3	0.3	9	1	5		
5	31	19	17	31.6	0.3	1	44.68	36.22	0.07	3	22	3	3	8.1	0.4	11	1	5		
6	2	18	16	29.2	0.1	1	44.02	33.23	0.05	2	44	2	2	10.2	0.3	8	1	1	3.2	3.5
6	8	19	44	8.0	0.2	2	44.69	35.12	0.02	5	28	1	3	6.3	0.4	7	1	4		
6	18	11	33	5.1	0.6	2	44.56	34.19	0.03	4	11	2	3	5.2	0.3	3	1	2		
6	29	8	56	39.9	1.0	2	42.74	32.44	0.04	3	18	4	3	8.5	0.2	5	1	9	2.6	
7	2	14	26	9.3	0.2	2	44.64	36.94	0.02	4	15	2	3	7.3	0.2	7	1	5		
7	4	23	43	39.2	0.2	2	44.49	37.45	0.03	4	13	3	3	7.8	0.6	10	1	5		
7	4	23	47	0.1	0.2	2	44.51	37.44	0.04	5	11	3	3	7.1	0.6	5	1	5		
7	14	23	12	56.5	0.2	2	44.57	36.94	0.03	4	22	3	3	6.6	0.3	8	1	5		
7	19	23	6	15.0	0.2	2	44.62	35.70	0.01	4	18	1	3	6.0	0.7	3	1	4		
8	4	17	36	40.8	0.2	2	44.52	37.77	0.03	4	23	3	3	7.4	0.2	5	1	5		
8	9	9	6	33.9	0.4	2	44.53	34.10	0.02	4	17	2	3	7.7	0.4	6	1	2		
8	9	13	56	19.0	0.1	1	44.66	34.70	0.01	2	18	1	2	7.0	0.3	6	1	3		
8	9	18	6	11.8	0.2	2	44.39	33.18	0.01	5	21	1	3	6.4	0.8	2	1	1		
8	9	18	8	4.5	0.1	2	44.41	33.18	0.01	3	23	1	3	8.7	0.5	7	1	1	2.6	2.8
8	9	20	0	45.9	0.5	2	44.41	33.18	0.01	8	23	1	3	5.9	0.7	2	1	1		
8	10	1	57	18.0	0.1	2	44.38	33.21	0.01	3	26	1	3	7.2	0.5	5	1	1		
9	11	6	33	11.2	0.2	1	44.71	36.81	0.07	2	43	6	2	10.2	0.4	11	1	5		3.5
9	12	20	50	22.2	0.6	1	44.15	34.41	0.03	1	32	4	2	6.5	0.6	6	1	2		
9	12	21	39	15.3	0.7	2	44.16	34.38	0.08	4	34	13	3	6.3	0.6	4	1	2		
9	17	16	50	31.8	0.2	2	44.69	37.50	0.10	4	34	8	3	9.5	0.2	9	1	5		3.1
9	20	8	50	44.2	0.8	3	44.28	34.30	0.04	4	19	10	3	6.5	0.4	4	1	2		
9	23	14	17	39.2	0.2	2	42.21	34.36	0.04	5	20	3	3	8.9	0.5	7	1	9		2.8
9	27	8	26	46.5	0.2	2	44.63	37.32	0.01	4	25	1	3	7.8	0.3	3	1	5		
10	3	3	37	44.0	0.2	2	44.65	36.73	0.03	3	6	1	3	7.2	0.3	8	1	5		
10	4	23	35	49.6	0.2	2	44.61	36.73	0.05	3	7	4	3	7.8	0.1	7	1	5		
10	16	0	58	37.2	0.2	1	42.77	35.50	0.01	3	22	2	3	7.0	0.2	4	1	9		
10	18	21	49	22.2	0.2	2	44.36	32.50	0.01	4	18	1	3	6.2	0.4	2	1	1		
10	22	5	40	0.5	0.2	2	44.39	34.55	0.03	4	34	2	3	7.2	0.6	5	1	3		
11	2	5	51	37.5	0.2	2	44.31	32.29	0.01	4	24	1	3	6.6	0.6	2	1	1		
11	3	1	48	1.8	0.2	2	45.07	37.75	0.03	4	20	2	3	6.3	0.1	4	1	5		
11	3	4	9	40.5	0.2	2	45.07	37.78	0.04	3	20	3	3	6.8	0.2	3	1	5		
11	3	14	59	23.4	0.1	2	44.24	33.10	0.04	4	30	5	3	7.0	0.4	4	1	1		
11	7	18	1	8.2	0.2	2	44.63	37.46	0.04	3	27	3	3	7.0	0.6	4	1	5		
11	18	9	57	5.4	0.7	2	43.18	35.53	0.07	1	25	15	3	8.9	0.5	5	1	9	2.6	
11	19	4	51	11.7	0.4	2	44.48	34.11	0.01	4	15	1	3	6.4	0.4	6	1	2		
11	24	10	39	26.1	0.2	1	44.07	35.04	0.05	3	8	1	2	9.1	0.6	6	1	4		2.7
12	3	13	53	15.4	0.4	2	44.74	34.35	0.06	3	15	4	3	7.1	0.3	4	1	3		
12	5	0	3	42.6	0.9	2	44.03	33.20	0.06	7	20	20	4	5.2	0.5	1	1	1		
12	5	16	40	45.3	0.2	2	44.65	37.18	0.03	5	20	2	3	6.9	0.5	4	1	5		

Продолжение таблицы 7.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	9	17	31	32.1	0.1	2	44.40	34.08	0.04	4	10	10	3	5.4	1	2	1	2		
12	10	5	33	14.5	0.3	1	44.50	34.37	0.01	2	18	1	2	7.3	0.5	5	1	2		
12	10	14	6	35.0	0.5	2	44.63	36.72	0.08	5	7	2	3	7.5	0.3	4	1	5		
12	20	17	16	26.5	0.1	1	44.61	34.52	0.05	1	9	4	2	7.4	0.3	8	1	3		
12	28	5	46	57.4	0.2	2	44.23	34.32	0.02	4	25	1	3	7.2	0.6	5	1	2		

Приложение к таблице 7.

Способы определения основных параметров землетрясений

№ спос.	Время в очаге, Ct	Координаты эпицентра, $C\phi$	Глубина очага, Ch	Энергетический класс, Ck
1	2	3	4	5
1	Определено по графику Вадати	Определены по $n > 4$		Определен по А/Т по региональной номограмме Кп [3]
2	Определено по годографам	Определены по $n = 4$	Определена способом Вадати определения координат эпицентра и глубины	
3		Определены по $n = 3, m \geq 1$	Определена из годографа	
4		Определены по $n = 2, m \geq 1$	Присвоено среднее значение глубины для региона	
5		Определены по $n = 1, m \geq 2$	Присвоено значение глубины основного толчка (афтершоки, форшоки)	
6		Определены по $n = 1, m \geq 1$ и энергетическим соображениям		
7		Определены по $n = 1$ и азимуту		
8		Присвоены параметры основного толчка		

n – количество ($t_s - t_p$), m – количество P или S фаз

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Таблица 8.

Подробные данные о землетрясениях Крыма за 2021 г.

Стан-ция	Δ, км	Az	Фаза	Время			T, с	A, мкм			Kп [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. 11 января. Черное море, район 2

$\theta=20$ ч 23мин 53.0с, $\varphi=44.46^\circ N$, $\lambda=34.17^\circ E$, $h=12$ км, $K_{\Pi}=8.8\pm 0.3(8)$, $KD=8.4(8)$

$MSH=2.9(8)$, $MD=2.6(8)$, $Mc=2.4$

YAL	3	340	-iPg	20	23	55.3		-	+	-				$\alpha=149^\circ$
YAL			Pgm	20	23	55.7	0.08			1.000				$I_{YAL}=2.5-3.0$ б
YAL			iSg	20	23	56.9								
YAL			Sgm	20	23	57.0	0.19		7.800		9.6			$MSH=3.2$
YAL			Sgm	20	23	57.3	0.16	2.700				42	8.1	$MD=2.4$
ALU	31	37	-iPg	20	23	58.3								
ALU			Pgm	20	23	58.7	0.18			0.039				$\alpha=235^\circ$
ALU			iSg	20	24	2.2								
ALU			Sgm	20	24	3.9	0.22	1.100			8.9			$MSH=2.9$
ALU			Sgm	20	24	4.7	0.40		1.000			57	8.3	$MD=2.7$
SEV	40	283	+iPg	20	24	0.5								
SEV			Pgm	20	24	2.3	0.29			0.034				
SEV			eSg	20	24	6.4								
SEV			Sgm	20	24	7.4	0.32	0.171			8.6			$MSH=3.0$
SEV			Sgm	20	24	7.7	0.28		0.247			57	8.8	$MD=2.7$
SIM	54	356	-iPg	20	24	2.9								
SIM			Pgm	20	24	5.7	0.35			0.058				
SIM			eSg	20	24	10.0								
SIM			Sgm	20	24	10.8	0.30	0.210			8.6			$MSH=2.7$
SIM			Sgm	20	24	10.8	0.14		0.100			47	8.0	$MD=2.5, Mc=2.4$
SUDU	81	54	ePg	20	24	7.7								
SUDU			Pgm	20	24	8.0	0.12			0.068				
SUDU			eSg	20	24	18.4								
SUDU			Sgm	20	24	19.7	0.53	0.366						$MSH=3.1$
SUDU			Sgm	20	24	19.7	0.38		0.379		9.0	48	8.0	$MD=2.5$
FEO	115	57	ePg	20	24	12.1								
FEO			Pgm	20	24	12.3	0.27			0.029				
FEO			e(Sg)	20	24	26.8								
FEO			Sgm	20	24	31.8	0.23	0.026						$MSH=2.9$
FEO			Sgm	20	24	32.2	0.35		0.078		8.5	41	8.5	$MD=2.3$
DNZ2	126	324	ePg	20	24	14.9								
DNZ2			Pgm	20	24	17.1	0.18			0.080				
DNZ2			eSg	20	24	31.3								
DNZ2			Sgm	20	24	32.2	0.38	0.072						$MSH=2.9$
DNZ2			Sgm	20	24	36.7	0.28		0.079		8.6	70	8.8	$MD=2.8$
TARU	163	309	ePn	20	24	20.6								
TARU			Pnm	20	24	21.5	0.46			0.043				$MSH=2.9$
TARU			eSn	20	24	41.3								$MD=2.8$
TARU			Snm	20	24	42.8	0.23	0.035						
TARU			Snm	20	24	43.8	0.13		0.023		8.6	74	8.9	

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

№ 2. 11 января. Черное море, район 2

$\theta=20ч\ 26мин\ 17.1с$, $\varphi=44.48^{\circ}N$, $\lambda=34.20^{\circ}E$, $h=11км$, $K_{П}=5.4\pm 0.3(4)$, $KD=5.7(4)$

YAL	4	283	-iPg	20	26	19.2		-	+	-				$\alpha=175^{\circ}$
YAL			Pgm	20	26	19.5	0.12			0.018				
YAL			eSg	20	26	20.7								
YAL			Sgm	20	26	20.9	0.15		0.075		5.6			
YAL			Sgm	20	26	21.0	0.14	0.038				13	5.7	
ALU	28	36	eSg	20	26	26.1								
ALU			Sgm	20	26	26.3	0.25	0.029			5.6			
ALU			Sgm	20	26	27.1	0.56		0.029					
SEV	42	280	eSg	20	26	30.1								
SEV			Sgm	20	26	31.3	0.14	0.001						
SEV			Sgm	20	26	31.6	0.14		0.002		4.9			
SUDU	78	54	eSg	20	26	42.8								
SUDU			Sgm	20	26	43.0	0.34		0.004					
SUDU			Sgm	20	26	47.2	0.50	0.004			5.3			

№ 3. 19 января. Черное море, район 2

$\theta=0ч\ 20мин\ 32.3с$, $\varphi=44.30^{\circ}N$, $\lambda=34.41^{\circ}E$, $h=21км$, $K_{П}=5.7\pm 0.2(6)$, $KD=7.4(2)$

YAL	29	316	-iPg	0	20	39.2		-	+	-				$\alpha=169^{\circ}$
YAL			Pgm	0	20	39.4	0.08			0.012				
YAL			iSg	0	20	43.7								
YAL			Sgm	0	20	44.4	0.15	0.012						
YAL			Sgm	0	20	45.4	0.15		0.014		5.7	25	7.1	
ALU	42	359	eSg	0	20	50.4								
ALU			Sgm	0	20	50.6	0.22	0.001			6.0			
ALU			Sgm	0	20	50.7	0.42		0.026					
SEV	64	295	+iPg	0	20	44.3		+	-	+				$\alpha=113^{\circ}$
SEV			Pgm	0	20	44.9	0.08			0.001				
SEV			iSg	0	20	52.7								
SEV			Sgm	0	20	53.5	0.13		0.003		6.0			
SEV			Sgm	0	20	54.5	0.22	0.004				33	7.6	
SIM	76	342	eSg	0	20	56.7								
SIM			Sgm	0	20	57.4	0.23		0.002					
SIM			Sgm	0	20	58.0	0.35	0.004			5.7			
SUDU	80	395	eSg	0	20	57.4								
SUDU			Sgm	0	20	57.6	0.20		0.003					
SUDU			Sgm	0	20	58.5	0.30	0.006			5.1			
DNZ2	152	322	eSg	0	21	17.9								
DNZ2			Sgm	0	21	18.6	0.28		0.002		5.6			
DNZ2			Sgm	0	21	18.8	0.37	0.002						

№ 4. 28 января. Азовское море, район 7

$\theta=19ч\ 15мин\ 43.7с$, $\varphi=46.53^{\circ}N$, $\lambda=35.66^{\circ}E$, $h=20км$, $K_{П}=7.9\pm 0.4(7)$, $KD=8.8(2)$

FEO	169	187	e(Sn)	19	16	29.8								
FEO			Snm	19	16	31.2	0.24		0.017					
FEO			Snm	19	16	31.3	0.22	0.031			8.3			
SUDU	190	196	e(Pn)	19	16	13.5								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Pnm	19	16	16.8	0.36			0.006				
SUDU			eSn	19	16	35.2								
SUDU			Snm	19	16	37.3	0.33	0.017						
SUDU			Snm	19	16	38.9	0.38		0.028		7.9	65	8.6	
SIM	213	215	eSn	19	16	41.4								
SIM			Snm	19	16	43.3	0.24	0.014						
SIM			Snm	19	16	43.3	0.23		0.015		8.0			
ALU	227	206	e(Sn)	19	16	44.0								
ALU			Snm	19	16	48.0	0.34		0.017					
ALU			Snm	19	16	49.4	0.31	0.060			9.0			
DNZ2	229	237	e(Sn)	19	16	44.9								
DNZ2			Snm	19	16	47.1	0.31	0.010						
DNZ2			Snm	19	16	48.1	0.48		0.018		7.6			
YAL	256	208	eSn	19	16	49.4								
YAL			Snm	19	16	54.4	0.27	0.005						
YAL			Snm	19	16	54.8	0.31		0.007		7.3			
SEV	269	216	e(Pn)	19	16	22.9								
SEV			Pnm	19	16	24.5	0.28			0.002				
SEV			eSn	19	16	51.5								
SEV			Snm	19	16	58.3	0.27		0.004					
SEV			Snm	19	16	58.5	0.28	0.007			7.4	60	8.9	

№ 5. 30 января. Черное море, район 8

$t=0$ ч 52мин 32.8с, $\varphi=44.79^{\circ}N$, $\lambda=31.72^{\circ}E$, $h=24$ км, $K_{\Pi}=9.4\pm 0.5(8)$, $KD=9.4(8)$

$MSH=3.0(8)$, $MD=3.1(9)$

TARU	91	44	ePg	0	52	49.7								
TARU			Pgm	0	52	51.9	0.13			0.176				
TARU			iSg	0	53	1.1								
TARU			Sgm	0	53	4.6	0.14		0.163					$MSH=2.8$
TARU			Sgm	0	53	5.2	0.22	0.229			10.0	105	9.6	$MD=3.2$
DNZ2	134	60	-iPg	0	52	56.7								
DNZ2			Pgm	0	52	57.4	0.14			0.117				
DNZ2			iSg	0	53	13.0								
DNZ2			Sgm	0	53	14.5	0.38	0.474						$MSH=3.5$
DNZ2			Sgm	0	53	15.4	0.33		0.731		10.4	85	9.1	$MD=2.9$
SEV	157	99	-iPn	0	53	0.3								$\alpha=272^{\circ}$
SEV			Pnm	0	53	1.1	0.22			0.020				
SEV			eSn	0	53	20.1								
SEV			Snm	0	53	21.8	0.23	0.093			9.2			$MSH=2.7$
SEV			Snm	0	53	24.0	0.25		0.069			116	10.1	$MD=3.3$
SIM	190	84	-ePn	0	53	3.9								
SIM			Pnm	0	53	5.2	0.21			0.024				
SIM			iSn	0	53	26.3								
SIM			Snm	0	53	30.1	0.38	0.099			9.0			$MSH=2.9$
SIM			Snm	0	53	31.6	0.32		0.064			108	9.5	$MD=3.2$
YAL	195	99	e(Pn)	0	53	5.5								
YAL			Pnm	0	53	10.0	0.21			0.006				
YAL			eSn	0	53	28.7								

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Snm	0	53	31.4	0.28	0.068						
YAL			Snm	0	53	33.6	0.38		0.082		9.1	72	9.2	<i>MSH=2.8</i>
ALU	212	92	-iPn	0	53	6.2								<i>MD=2.8</i>
ALU			Pnm	0	53	10.5	0.30			0.008				
ALU			e(Sn)	0	53	30.5								
ALU			Snm	0	53	36.2	0.27		0.089					<i>MSH=3.3</i>
ALU			Snm	0	53	36.6	0.27	0.214			10.1	96	9.4	<i>MD=3.1</i>
NE56	220	343	+ePn	0	53	6.7								
NE56			eSn	0	53	31.1						96		
SUDU	258	86	ePn	0	53	12.5								
SUDU			Pnm	0	53	19.0	0.36			0.025				
SUDU			e(Sn)	0	53	41.4								
SUDU			Snm	0	53	46.2	0.42	0.051			8.8			<i>MSH=2.9</i>
SUDU			Snm	0	53	48.6	0.39		0.030			91	9.3	<i>MD=3.0</i>
TIRR	265	263	ePn	0	53	12.8								
TIRR			e(Sn)	0	53	41.0								
FEO	290	84	e(Pn)	0	53	18.1								
FEO			Pnm	0	53	18.5	0.26			0.014				
FEO			e(Sn)	0	53	51.0								
FEO			Snm	0	53	59.1	0.30	0.026			8.7			<i>MSH=2.7</i>
FEO			Snm	0	53	59.6	0.27		0.018			59	9.3	<i>MD=2.7</i>

№ 6. 11 февраля. Черное море, район 9 $\theta=3ч 12мин 44.9с$, $\varphi=43.15^{\circ}N$, $\lambda=36.31^{\circ}E$, $h=7км$, $K_{П}=7.3\pm 0.3(5)$, $KD=8.9(1)$

SUDU	220	332	eSn	3	13	44.3								
SUDU			Snm	3	13	44.8	0.22	0.006						
SUDU			Snm	3	13	48.9	0.19		0.006		7.4			
YAL	228	312	eSn	3	13	45.6								
YAL			Snm	3	13	48.2	0.21	0.006			7.4			
YAL			Snm	3	13	48.9	0.24		0.004					
ALU	229	319	eSn	3	13	45.7								
ALU			Snm	3	13	48.7	0.20	0.009						
ALU			Snm	3	13	49.8	0.31		0.004		7.8			
SEV	262	307	ePn	3	13	24.1								
SEV			Pnm	3	13	31.2	0.40			0.001				
SEV			eSn	3	13	53.8								
SEV			Snm	3	13	55.2	0.25		0.001					
SEV			Snm	3	13	55.7	0.21	0.001			6.5	85	8.9	
DNZ2	349	316	eSn	3	14	13.7								
DNZ2			Snm	3	14	15.5	0.26		0.004		7.4			
DNZ2			Snm	3	14	16.2	0.36	0.003						

№ 7. 11 февраля. Черное море, район 1 $\theta=6ч 9мин 32.6с$, $\varphi=44.85^{\circ}N$, $\lambda=32.41^{\circ}E$, $h=5км$, $K_{П}=7.3\pm 0.4(3)$, $KD=8.1(3)$

TARU	59	9	ePg	6	9	43.3								
TARU			Pgm	6	9	45.0	0.32			0.022				
DNZ2	85	47	ePg	6	9	47.0								
DNZ2			Pgm	6	9	47.9	0.12			0.012				
DNZ2			eSg	6	9	56.6								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DNZ2			Sgm	6	9	56.9	0.15	0.019			7.0			
DNZ2			Sgm	6	9	57.3	0.16		0.019			40	7.6	
SEV	106	108	ePg	6	9	50.2								
SEV			Pgm	6	9	51.2	0.12			0.003				
SEV			eSg	6	10	2.3								
SEV			Sgm	6	10	2.9	0.25		0.007					
SEV			Sgm	6	10	3.2	0.30	0.015			7.0	50	8.6	
SUDU	204	88	ePn	6	10	5.2								
SUDU			Pnm	6	10	7.2	0.27			0.010				
SUDU			eSn	6	10	28.8								
SUDU			Snm	6	10	31.6	0.27		0.011					
SUDU			Snm	6	10	33.7	0.41	0.024			7.8	50	8.1	

№ 8. 13 февраля. Черное море, район 2

$\theta=20\text{ч } 5\text{мин } 9.9\text{с}, \varphi=44.46^\circ\text{N}, \lambda=34.19^\circ\text{E}, h=10\text{км}, K_{\text{П}}=8.7\pm 0.3(8)$

$MSH=2.6(8), Mc=2.4$

YAL	4	317	-iPg	20	5	12.4		-	+	-				
YAL			Pgm	20	5	12.7	0.07			0.558				
YAL			iSg	20	5	13.9								
YAL			Sgm	20	5	14.1	0.16		4.500					
YAL			Sgm	20	5	14.3	0.21	2.700			9.1			$MSH=2.8$
ALU	30	34	-iPg	20	5	14.9								
ALU			Pgm	20	5	15.7	0.13			0.038				
ALU			eSg	20	5	18.9								
ALU			Sgm	20	5	19.3	0.30	1.500						
ALU			Sgm	20	5	19.3	0.41		0.773		8.7			$MSH=2.9$
SEV	42	183	ePg	20	5	17.6								
SEV			Pgm	20	5	19.9	0.24			0.033				
SEV			eSg	20	5	24.1								
SEV			Sgm	20	5	24.4	0.24	0.086						
SEV			Sgm	20	5	24.6	0.24		0.151		8.5			$MSH=2.8$
SIM	55	354	ePg	20	5	20.0								
SIM			Pgm	20	5	23.9	0.26			0.074				
SIM			eSg	20	5	27.0								
SIM			Sgm	20	5	27.4	0.13		0.103					
SIM			Sgm	20	5	27.8	0.27	0.208			8.7			$MSH=2.3$
SUDU	80	53	ePg	20	5	23.4								
SUDU			Pgm	20	5	23.6	0.16			0.033				
SUDU			eSg	20	5	34.0								
SUDU			Sgm	20	5	34.9	0.36		0.419		9.1			$MSH=2.9$
SUDU			Sgm	20	5	35.2	0.28	0.280						
FEO	113	56	ePg	20	5	28.2								
FEO			Pgm	20	5	30.5	0.19			0.024				
FEO			eSg	20	5	42.9								
FEO			Sgm	20	5	49.6	0.16		0.035					
FEO			Sgm	20	5	50.3	0.27	0.076			8.7			$MSH=2.7$
DNZ2	127	323	ePg	20	5	31.4								
DNZ2			Pgm	20	5	34.1	0.20			0.023				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DNZ2			eSg	20	5	47.2								
DNZ2			Sgm	20	5	49.2	0.27	0.049						
DNZ2			Sgm	20	5	51.7	0.28		0.051		8.1			<i>MSH=2.3</i>
TARU	166	308	ePn	20	5	38.2								
TARU			Pnm	20	5	38.6	0.28			0.025				
TARU			eSn	20	5	59.5								
TARU			Snm	20	6	1.6	0.27		0.034					
TARU			Snm	20	6	2.9	0.22	0.025			8.3			<i>MSH=2.3</i>
№ 9. 13 февраля. Черное море, район 2														
<i>0=20ч 6мин 16.5с, φ=44.44°N, λ=34.22°E, h=10км, K_П=7.0±0.4(4), KD=6.9(2)</i>														
YAL	7	315	-iPg	20	6	19.1	-	+	-					<i>α=127°</i>
YAL			Pgm	20	6	19.5	0.11			0.03				
YAL			iSg	20	6	20.7								
YAL			Sgm	20	6	20.8	0.14		0.325		7.1			
YAL			Sgm	20	6	21.1	0.13	0.091				27	7.2	
ALU	31	28	ePg	20	6	21.7								
ALU			Pgm	20	6	21.8	0.14			0.003				
ALU			eSg	20	6	25.7								
ALU			Sgm	20	6	25.9	0.25	0.076			6.3			
ALU			Sgm	20	6	25.9	0.35		0.036			24	6.6	
SEV	44	185	ePg	20	6	24.4								
SEV			Pgm	20	6	25.8	0.11			0.001				
SIM	57	352	eSg	20	6	33.8								
SIM			Sgm	20	6	34.2	0.13		0.006					
SIM			Sgm	20	6	34.6	0.22	0.008			7.3			
SUDU	79	51	eSg	20	6	41.2								
SUDU			Sgm	20	6	41.8	0.22		0.013					
SUDU			Sgm	20	6	42.0	0.30	0.014			7.3			
№ 10. 17 февраля. Черное море, район 1														
<i>0=14ч 1мин 8.9с, φ=44.88°N, λ=32.65°E, h=20км, K_П=5.6±0.3(3), KD=8.1(2)</i>														
TARU	56	351	ePg	14	1	19.8								
TARU			Pgm	14	1	22.7	0.28			0.007				
TARU			eSg	14	1	27.4								
TARU			Sgm	14	1	27.7	0.38	0.008						
TARU			Sgm	14	1	27.8	0.23		0.004		5.1	47	7.9	
DNZ2	70	39	eSg	14	1	31.3								
DNZ2			Sgm	14	1	32.5	0.33	0.010						
DNZ2			Sgm	14	1	35.7	0.27		0.009		5.8			
SEV	90	114	ePg	14	1	25.6								
SEV			Pgm	14	1	26.0	0.34			0.003				
SEV			eSg	14	1	36.8								
SEV			Sgm	14	1	39.4	0.27	0.004			5.8			
SEV			Sgm	14	1	39.7	0.30		0.004			45	8.3	
№ 11. 22 февраля. Черное море, район 5														
<i>0=23ч 37мин 17.3с, φ=44.68°N, λ=37.09°E, h=22км, K_П=6.6±0.2(5), KD=7.6(4)</i>														
ANN	29	38	-iPg	23	37	23.6								
ANN			Pgm	23	37	23.7	0.10			0.077				

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ANN			eSg	23	37	27.9								
ANN			Sgm	23	37	28.1	0.10	0.123			6.8			
ANN			Sgm	23	37	29.1	0.10		0.100					
SUKR	30	62	ePg	23	37	24.1								
SUKR			eSg	23	37	28.9								
SPGR	78	84	e(Pg)	23	37	31.7								
SPGR			eSg	23	37	41.5								
KERU	86	325	ePg	23	37	33.7								
KERU			Pgm	23	37	34.5	0.24			0.007				
KERU			e(Sg)	23	37	47.9								
KERU			Sgm	23	37	48.1	0.31		0.007					
KERU			Sgm	23	37	48.3	0.43	0.010			6.2	32	7.2	
SUDU	167	279	ePn	23	37	42.9								
SUDU			Pnm	23	37	43.1	0.25			0.002				
SUDU			iSn	23	38	2.7								
SUDU			Snm	23	38	2.9	0.36	0.008			6.7			
SUDU			Snm	23	38	3.0	0.38		0.007			39	7.4	
YAL	233	266	e(Pn)	23	37	52.3								
YAL			Pnm	23	37	52.7	0.26			0.005				
YAL			eSn	23	38	18.5								
YAL			Snm	23	38	19.4	0.29		0.006		6.5			
YAL			Snm	23	38	19.9	0.25	0.002				35	7.8	
SEV	270	268	ePn	23	37	56.7								
SEV			Pnm	23	37	57.7	0.20			0.001				
SEV			iSn	23	38	26.1								
SEV			Snm	23	38	29.1	0.38	0.002						
SEV			Snm	23	38	29.1	0.32		0.002		6.6	36	7.8	

№ 12. 13 марта. Черное море, район 5

$\theta=22ч 15мин 23.9с$, $\varphi=44.52^{\circ}N$, $\lambda=37.36^{\circ}E$, $h=11км$, $K_{II}=9.1\pm 0.4(10)$, $KD=10.2(8)$
 $MSH=2.7(9)$, $MD=3.7(8)$

SUKR	31	10	Pg	22	15	30.3								$I_{SUKR}=3-4 \bar{b}$
SUKR			Sg	22	15	34.7								
ANN	40	355	ePg	22	15	31.2								$I_{ANN}=3 \bar{b}$
ANN			Pgm	22	15	31.6	0.10			1.400				
ANN			eSg	22	15	36.3								
ANN			Sgm	22	15	36.7	0.20		9.100					
ANN			Sgm	22	15	37.3	0.20	9.600			10.0			
SPGR	62	66	Pg	22	15	34.5								
SPGR			Sg	22	15	41.9								
KERU	112	322	ePg	22	15	43.7								
KERU			Pgm	22	15	44.5	0.27			0.032				
KERU			eSg	22	15	57.5								
KERU			Sgm	22	16	0.7	0.34		0.082					$MSH=2.4$
KERU			Sgm	22	16	1.3	0.29	0.076			8.7	140	10.0	$MD=3.4$
FEO	165	290	ePn	22	15	51.2								
FEO			Pnm	22	15	51.4	0.19			0.020				
FEO			eSn	22	16	10.9								

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FEO			Snm	22	16	13.9	0.20	0.035			8.3			<i>MSH=2.3</i>
FEO			Snm	22	16	15.1	0.19		0.025			120	10.7	<i>MD=3.3</i>
SUDU	191	283	ePn	22	15	52.5								
SUDU			Pnm	22	15	52.7	0.22			0.019				
SUDU			eSn	22	16	14.1								
SUDU			Snm	22	16	14.5	0.45		0.104					<i>MSH=3.1</i>
SUDU			Snm	22	16	15.4	0.34	0.217			9.7	120	9.9	<i>MD=3.3</i>
ALU	234	275	ePn	22	15	59.3								
ALU			Pnm	22	16	2.9	0.23			0.006				
ALU			eSn	22	16	24.3								
ALU			Snm	22	16	29.0	0.30		0.017					<i>MSH=2.5</i>
ALU			Snm	22	16	29.7	0.17	0.028			8.9	110	9.7	<i>MD=3.2</i>
YAL	254	270	ePn	22	16	2.1								
YAL			Pnm	22	16	4.0	0.10			0.006				
YAL			eSn	22	16	30.4								
YAL			Snm	22	16	31.9	0.16	0.034			8.9			<i>MSH=2.5</i>
YAL			Snm	22	16	32.6	0.16		0.033			120	10.2	<i>MD=3.3</i>
SIM	260	282	ePn	22	16	2.2								
SIM			Pnm	22	16	3.8	0.30			0.033				
SIM			eSn	22	16	30.5								
SIM			Snm	22	16	31.4	0.17		0.027		9.3			<i>MSH=2.9</i>
SIM			Snm	22	16	32.5	0.34	0.044				130	9.9	<i>MD=3.3</i>
SEV	291	272	ePn	22	16	6.3								
SEV			Pnm	22	16	8.2	0.21			0.004				
SEV			eSn	22	16	37.7								
SEV			Snm	22	16	40.9	0.20	0.015						<i>MSH=2.6</i>
SEV			Snm	22	16	41.7	0.19		0.020		9.0	160	11.1	<i>MD=3.5</i>
DNZ2	340	288	eSn	22	16	47.3								
DNZ2			Snm	22	16	48.7	0.26	0.044						<i>MSH=3.1</i>
DNZ2			Snm	22	16	48.8	0.25		0.043		9.4			
TARU	391	286	ePn	22	16	18.2								
TARU			Pnm	22	16	23.9	0.80			0.165				
TARU			eSn	22	16	58.6								
TARU			Snm	22	17	0.4	0.16		0.019		9.3			<i>MSH=2.8</i>
TARU			Snm	22	17	5.0	0.13	0.009				130	9.9	<i>MD=3.3</i>

№ 13. 15 марта. Черное море, район 9 $\theta=7ч\ 30мин\ 1.9с$, $\varphi=42.95^{\circ}N$, $\lambda=35.78^{\circ}E$, $h=23км$, $K_{П}=9.1\pm 0.3(9)$, $KD=9.6(3)$ $MSH=2.9(8)$, $MD=3.1(3)$

YAL	215	323	ePn	7	30	28.1								
YAL			Pnm	7	30	28.6	0.10			0.013				
YAL			eSn	7	30	57.4								
YAL			Snm	7	31	1.9	0.28		0.065		9.1			<i>MSH=2.8</i>
YAL			Snm	7	31	2.0	0.23	0.043						
ALU	222	331	ePn	7	30	34.2								
ALU			Pnm	7	30	34.6	0.48			0.133				
ALU			eSn	7	30	58.3								
ALU			Snm	7	31	0.5	0.33	0.190			9.8			<i>MSH=3.2</i>

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			Snm	7	31	0.5	0.33		0.102			100	9.5	<i>MD=3.1</i>
SUDU	225	344	ePn	7	30	34.6								
SUDU			Pnm	7	30	36.2	0.41			0.028				
SUDU			eSn	7	30	58.8								
SUDU			Snm	7	31	3.0	0.27		0.067					<i>MSH=3.0</i>
SUDU			Snm	7	31	4.3	0.31	0.116			9.5	100	9.5	<i>MD=3.1</i>
FEO	233	353	eSn	7	31	1.2								
FEO			Snm	7	31	2.9	0.20	0.074			9.5			<i>MSH=3.0</i>
FEO			Snm	7	31	4.1	0.20		0.053					
SEV	245	317	ePn	7	31	37.0								
SEV			Pnm	7	31	38.2	0.18			0.004				
SEV			eSn	7	31	2.9								
SEV			Snm	7	31	6.5	0.45	0.023			8.4			<i>MSH=2.7</i>
SEV			Snm	7	31	12.1	0.26		0.014			90	9.7	<i>MD=3.0</i>
ANN	248	29	Sn	7	31	4.8								
ANN			Snm	7	31	6.4	0.20	0.090			8.8			
BOYA	181	210	Pn	7	30	29.1								
BOYA			Sn	7	30	50.1								
SIM	260	330	eSn	7	31	8.1								
SIM			Snm	7	31	9.3	0.28		0.063		9.2			<i>MSH=3.0</i>
SIM			Snm	7	31	9.6	0.29	0.064						
KERU	269	11	eSn	7	31	12.8								
KERU			Snm	7	31	15.0	0.74		0.067		9.1			<i>MSH=3.0</i>
KERU			Snm	7	31	16.8	0.47	0.037						
SOC	327	76	Sn	7	31	21.4								
DNZ2	334	324	eSn	7	31	26.1								
DNZ2			Snm	7	31	26.8	0.25		0.011					
DNZ2			Snm	7	31	35.6	0.31	0.023			8.7			<i>MSH=2.7</i>

№ 14. 20 марта. Черное море, район 1

0=1ч 47мин 43.8с, φ=44.22°N, λ=32.28°E, h=10км, K_П=7.5±0.4(6), KD=8.5(4)

SEV	117	71	ePg	1	48	4.3								
SEV			Pgm	1	48	5.9	0.13			0.002				
SEV			eSg	1	48	18.1								
SEV			Sgm	1	48	19.6	0.27	0.011			7.0			
SEV			Sgm	1	48	19.9	0.16		0.005			60	8.9	
TARU	130	9	ePg	1	48	6.9								
TARU			Pgm	1	48	7.3	0.27			0.007				
TARU			eSg	1	48	22.7								
TARU			Sgm	1	48	23.5	0.22	0.016			7.3			
TARU			Sgm	1	48	28.9	0.22		0.009			60	8.4	
YAL	152	78	eSg	1	48	25.6								
YAL			Sgm	1	48	27.0	0.18	0.011						
YAL			Sgm	1	48	27.2	0.20		0.018		7.9			
DNZ2	148	30	ePg	1	48	9.7								
DNZ2			Pgm	1	48	11.7	0.14			0.017				
DNZ2			eSg	1	48	26.7								
DNZ2			Sgm	1	48	27.5	0.15	0.029			8.3			

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DNZ2			Sgm	1	48	29.3	0.14		0.020			50	8.4	
SIM	167	60	eSn	1	48	29.8								
SIM			Snm	1	48	30.2	0.28	0.012						
SIM			Snm	1	48	32.7	0.17		0.005		7.0			
SUDU	228	70	ePn	1	48	18.7								
SUDU			Pnm	1	48	22.4	0.27			0.002				
SUDU			eSn	1	48	44.0								
SUDU			Snm	1	48	45.8	0.23		0.008					
SUDU			Snm	1	48	47.9	0.33	0.013			7.6	60	8.4	

№ 15. 21 марта. Черное море, район 5 $\theta=13ч\ 9мин\ 38.4с$, $\varphi=44.71^{\circ}N$, $\lambda=36.99^{\circ}E$, $h=26км$, $K_{П}=7.4\pm 0.6(3)$, $KD=7.8(2)$

ANN	32	52	+ePg	13	9	45.6								
ANN			Pgm	13	9	45.7	0.10			0.054				
ANN			iSg	13	9	50.5								
ANN			Sgm	13	9	50.6	0.10		0.327					
ANN			Sgm	13	9	50.8	0.10	1.010			8.2			
SUKR	36	73	ePg	13	9	46.2								
SUKR			iSg	13	9	50.5								
KERU			Pgm				0.15			0.008				$S-P=7.9^*$
KERU			Sgm				0.30	0.018			6.5			
KERU			Sgm				0.27		0.015			30	7.1	
SPGR	86	87	+iPg	13	9	53.7								
SPGR			eSg	13	10	5.2								
SUDU	159	278	ePn	13	10	3.5								
SUDU			Pnm	13	10	5.1	0.22			0.005				
SUDU			eSn	13	10	21.6								
SUDU			Snm	13	10	22.6	0.28	0.011			7.0			
SUDU			Snm	13	10	24.8	0.28		0.005			37	7.5	
SEV	263	267	ePn	13	10	16.5								
SEV			Pnm	13	10	17.4	0.21			0.001				
SEV			eSn	13	10	44.7								
SEV			Snm	13	10	49.3	0.22		0.002					
SEV			Snm	13	10	50.3	0.25	0.003			6.9	40	8.1	

№ 16. 21 марта. Черное море, район 5 $\theta=16ч\ 8мин\ 23.9с$, $\varphi=44.70^{\circ}N$, $\lambda=36.97^{\circ}E$, $h=21км$, $K_{П}=6.8\pm 0.3(3)$, $KD=7.1(1)$

ANN	34	53	ePg	16	8	31.2								
ANN			Pgm	16	8	31.4	0.10			0.107				
ANN			iSg	16	8	36.2								
ANN			Sgm	16	8	36.4	0.20		0.153					
ANN			Sgm	16	8	36.5	0.20	0.239			7.2			
SUKR	38	73	ePg	16	8	31.8								
SUKR			eSg	16	8	37.1								
KERU	79	329	Pgm				0.17			0.006				*
KERU			Sgm				0.31	0.013						
KERU			Sgm				0.30		0.018		6.6	27	6.9	
SPGR	87	86	ePg	16	8	39.7								
SPGR			eSg	16	8	50.6								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU	157	278	e(Pn)	16	8	49.1								
SUDU			Pnm	16	8	49.3	0.20			0.003				
SUDU			eSn	16	9	7.1								
SUDU			Snm	16	9	8.3	0.31	0.006			6.4			
SUDU			Snm	16	9	9.0	0.20		0.002			31	7.1	
SEV	261	267	eSn	16	9	31.7								
SEV			Snm	16	9	31.9	0.25		0.003		6.9			
SEV			Snm	16	9	32.8	0.29	0.002						
№ 17. 22 марта. Черное море, район 5														
<i>0=7ч 21мин 8.4с, φ=44.68°N, λ=36.98°E, h=21км, K_П=6.9±0.3(3), KD=7.4(1)</i>														
ANN	34	49	ePg	7	21	15.6								
ANN			Pgm	7	21	15.9	0.10			0.100				
ANN			iSg	7	21	20.6								
ANN			Sgm	7	21	20.9	0.20	0.232						
ANN			Sgm	7	21	20.9	0.10		0.432		7.4			
SUKR	38	69	ePg	7	21	16.4								
SUKR			eSg	7	21	21.7								
SPGR	86	85	e(Sg)	7	21	34.9								
SUDU	159	279	e(Pn)	7	21	33.7								
SUDU			Pnm	7	21	34.2	0.27			0.003				
SUDU			eSn	7	21	52.5								
SUDU			Snm	7	21	53.1	0.33	0.006			6.4			
SUDU			Snm	7	21	53.8	0.31		0.004			35	7.4	
SEV	262	268	e(Sn)	7	22	16.1								
SEV			Snm	7	22	16.3	0.25		0.002					
SEV			Snm	7	22	17.1	0.25	0.003			6.9			
№ 18. 22 марта. Черное море, район 5														
<i>0=20ч 28мин 33.6с, φ=44.64°N, λ=37.07°E, h=23км, K_П=6.6±0.3(3)</i>														
ANN	33	37	ePg	20	28	40.6								
ANN			Pgm	20	28	40.8	0.10			0.135				
ANN			iSg	20	28	45.5								
ANN			Sgm	20	28	45.7	0.10	0.104			7.2			
ANN			Sgm	20	28	46.6	0.30		0.080					
SUKR	34	59	+iPg	20	28	40.9								
SUKR			eSg	20	28	45.8								
SPGR	80	82	ePg	20	28	48.1								
SPGR			eSg	20	28	57.7								
SUDU	166	280	eSn	20	29	18.6								
SUDU			Snm	20	29	20.7	0.42		0.003					
SUDU			Snm	20	29	20.8	0.28	0.006			6.3			
SEV	268	269	eSn	20	29	42.2								
SEV			Snm	20	29	43.5	0.45	0.002			6.4			
SEV			Snm	20	29	44.8	0.48		0.002					
№ 19. 24 марта. Черное море, район 4														
<i>0=6ч 54мин 59.9с, φ=44.71°N, λ=35.15°E, h=28км, K_П=7.1±0.5(7), KD=7.2(4)</i>														
SUDU	23	328	-iPg	6	55	5.6								
SUDU			Pgm	6	55	5.7	0.30			0.023				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			eSg	6	55	10.3								
SUDU			Sgm	6	55	13.7	0.28		0.031		6.2			
SUDU			Sgm	6	55	16.1	0.39	0.071				25	6.8	
FEO	39	29	ePg	6	55	8.5								
FEO			Pgm	6	55	8.6	0.13			0.034				
FEO			iSg	6	55	14.4								
FEO			Sgm	6	55	14.6	0.25	0.090			7.2			
FEO			Sgm	6	55	14.6	0.25		0.071			22	7.3	
ALU	59	267	ePg	6	55	10.8								
ALU			Pgm	6	55	11.0	0.20			0.012				
ALU			iSg	6	55	18.5								
ALU			Sgm	6	55	19.1	0.27		0.115					
ALU			Sgm	6	55	19.5	0.28	0.184			8.1	29	7.0	
YAL	83	253	e(Sg)	6	55	25.4								
YAL			Sgm	6	55	26.8	0.24		0.010					
YAL			Sgm	6	55	28.3	0.23	0.009			6.5			
SIM	86	288	e(Sg)	6	55	27.0								
SIM			Sgm	6	55	27.2	0.24	0.019						
SIM			Sgm	6	55	27.5	0.33		0.026		7.7			
SEV	118	261	-iPg	6	55	19.9								
SEV			Pgm	6	55	20.0	0.29			0.002				
SEV			eSg	6	55	35.2								
SEV			Sgm	6	55	36.5	0.28		0.006					
SEV			Sgm	6	55	38.0	0.27	0.006			7.0	35	78.0	
TARU	218	290	e(Sn)	6	56	1.6								
TARU			Snm	6	56	3.4	0.34	0.007						
TARU			Snm	6	56	5.3	0.31		0.005		6.9			

№ 20. 27 марта. Черное море, район 5

$0=2ч\ 53мин\ 4.9с$, $\varphi=44.68^{\circ}N$, $\lambda=36.97^{\circ}E$, $h=25км$, $K_{П}=6.8\pm 0.2(7)$, $KD=7.7(2)$

ANN	36	50	+iPg	2	53	12.6								
ANN			Pgm	2	53	12.7	0.10			0.025				
ANN			eSg	2	53	17.7								
ANN			Sgm	2	53	18.1	0.20	0.226	0.211		7.2			
SUKR	39	69	ePg	2	53	13.0								
SUKR			eSg	2	53	18.6								
SPGR	88	85	+ePg	2	53	20.6								
SPGR			eSg	2	53	31.8								
FEO	130	288	e(Sg)	2	53	41.5								
FEO			Sgm	2	53	41.7	0.28	0.013			6.7			
FEO			Sgm	2	53	41.8	0.20		0.004					
SUDU	157	279	ePn	2	53	29.1								
SUDU			Pnm	2	53	30.2	0.21			0.004				
SUDU			eSn	2	53	47.4								
SUDU			Snm	2	53	48.7	0.33		0.003					
SUDU			Snm	2	53	48.8	0.31	0.010			6.9	38	7.5	
YAL	224	266	eSn	2	54	2.6								
YAL			Snm	2	54	3.4	0.26	0.005						

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Snm	2	54	4.1	0.23		0.007		6.9			
SEV	261	268	ePn	2	53	43.5								
SEV			Pnm	2	53	43.6	0.25			0.001				
SEV			eSn	2	54	11.1								
SEV			Snm	2	54	11.6	0.23	0.002						
SEV			Snm	2	54	11.8	0.23		0.002		6.6	36	7.8	
DNZ2	305	286	eSn	2	54	20.9								
DNZ2			Snm	2	54	21.3	0.36		0.004					
DNZ2			Snm	2	54	21.4	0.25	0.002			6.8			
TARU	357	284	e(Sn)	2	54	31.8								
TARU			Snm	2	54	34.2	0.40		0.002					
TARU			Snm	2	54	34.4	0.38	0.001						

№ 21. 1 апреля. Черное море, район 9

$\theta=12ч\ 26мин\ 36.4с$, $\varphi=42.45^{\circ}N$, $\lambda=31.51^{\circ}E$, $h=42км$, $K_{П}=8.7\pm 0.4(6)$, $KD=8.6(1)$
 $MSH=2.9(6)$

BTIN	109	146	Pg	12	26	54.5								
BTIN			Sg	12	27	6.7								
CIDE	134	118	Pg	12	26	57.4								
CIDE			Sg	12	27	11.8								
SEV	291	36	e	12	27	43.9								
SEV			eSn	12	27	45.6								
SEV			Snm	12	27	45.9	0.36	0.009			8.0			
SEV			Snm	12	27	46.3	0.28		0.005					
YAL	311	42	e(Sn)	12	27	49.6								
YAL			Snm	12	27	49.8	0.43	0.012						
YAL			Snm	12	27	49.8	0.18		0.009		8.2			
TARU	335	14	-ePn	12	27	22.1								$\alpha=134^{\circ}$
TARU			Pnm	12	27	22.7	0.29		0.006					
TARU			eSn	12	27	56.2								
TARU			Snm	12	27	56.7	0.23	0.018			8.7			
TARU			Snm	12	27	56.7	0.31		0.007			64	8.6	
ALU	340	42	e(Sn)	12	27	56.9								
ALU			Snm	12	27	57.2	0.36	0.024						
ALU			Snm	12	27	57.2	0.20		0.009		8.5			
SIM	348	36	e(Sn)	12	27	57.5								
DNZ2	353	22	eSn	12	28	0.4								
DNZ2			Snm	12	28	1.3	0.34	0.046			9.2			
DNZ2			Snm	12	28	1.3	0.42		0.032					
SUDU	390	45	eSn	12	28	5.7								
SUDU			Snm	12	28	6.2	0.36	0.016						
SUDU			Snm	12	28	6.2	0.25		0.030		9.3			

№ 22. 5 апреля. Крым, район 3

$\theta=2ч\ 27мин\ 53.8с$, $\varphi=44.74^{\circ}N$, $\lambda=34.34^{\circ}E$, $h=17км$, $K_{П}=5.4\pm 0.2(5)$, $KD=5.8(2)$

ALU	9	142	+iPg	2	27	57.3								
ALU			Pgm	2	27	57.5	0.31		0.007					
ALU			iSg	2	27	59.9								
ALU			Sgm	2	28	1.0	0.23	0.044			5.2			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			Sgm	2	28	0.4	0.27		0.021			11	5.1	
SIM	29	323	ePg	2	28	0.0								
SIM			Pgm	2	28	0.2	0.25			0.006				
SIM			eSg	2	28	4.4								
SIM			Sgm	2	28	4.7	0.45	0.026			5.4			
SIM			Sgm	2	28	4.7	0.14		0.007					
YAL	32	207	eSg	2	28	5.7								
YAL			Sgm	2	28	5.9	0.20	0.007			5.9			
YAL			Sgm	2	28	5.9	0.18		0.011					
SUDU	54	72	eSg	2	28	10.8								
SUDU			Sgm	2	28	11.3	0.54	0.012			5.1			
SUDU			Sgm	2	28	11.3	0.24		0.006					
SEV	57	248	+iPg	2	28	4.8								
SEV			eSg	2	28	12.3								
SEV			Sgm	2	28	12.7	0.20	0.002						
SEV			Sgm	2	28	12.7	0.16		0.001		5.3	18	6.5	

№ 23. 9 апреля. Черное море, район 9
 $\theta=23^{\circ} 33' \text{мин } 22.7^{\circ} \text{с}, \varphi=42.89^{\circ} \text{N}, \lambda=35.58^{\circ} \text{E}, h=20 \text{ км}, K_{\Pi}=8.0 \pm 0.4(5), KD=8.4(3)$

SINO	102	198	iPg	23	33	41.5								
SINO			eSg	23	33	54.3								
YAL	212	328	eSn	23	34	19.9								
YAL			Snm	23	34	21.7	0.13	0.006						
YAL			Snm	23	34	24.2	0.17		0.016		8.3	46	8.3	
ALU	221	335	e(Pn)	23	33	56.4								
ALU			Pnm	23	33	56.8	0.13			0.004				
ALU			eSn	23	34	21.4								
ALU			Snm	23	34	22.3	0.25	0.034			8.6			
ALU			Snm	23	33	22.3	0.42		0.033			60	8.4	
SUDU	227	148	ePn	23	33	56.6								
SUDU			eSn	23	34	21.9								
SEV	239	321	ePn	23	33	59.1								
SEV			Pnm	23	34	0.4	0.10			0.001				
SEV			eSn	23	34	26.4								
SEV			Snm	23	34	29.3	0.25	0.003						
SEV			Snm	23	34	29.3	0.16		0.003		7.6	58	8.9	
SIM	257	333	ePn	23	34	1.9								
SIM			Pnm	23	34	2.0	0.29			0.011				
SIM			eSn	23	34	30.6								
SIM			Snm	23	34	31.5	0.22		0.010		8.1			
SIM			Snm	23	34	31.9	0.25	0.014				46	7.8	
DNZ2	335	326	eSn	23	34	48.7								
DNZ2			Snm	23	34	51.1	0.35	0.005						
DNZ2			Snm	23	34	51.1	0.36		0.007		7.5			

№ 24. 12 апреля. Черное море, район 2
 $\theta=7^{\circ} 37' \text{мин } 11.2^{\circ} \text{с}, \varphi=44.42^{\circ} \text{N}, \lambda=34.38^{\circ} \text{E}, h=32 \text{ км}, K_{\Pi}=6.2 \pm 0.2(4), KD=7.1(2)$

YAL	19	293	eSg	7	37	22.0								
YAL			Sgm	7	37	22.7	0.10		0.021					

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Sgm	7	37	23.3	0.12	0.032			6.7			
ALU	29	3	eSg	7	37	23.7								
ALU			Sgm	7	37	24.3	0.17		0.006					
ALU			Sgm	7	37	24.6	0.20	0.024			6.1			
SEV	57	284	ePg	7	37	21.7								
SEV			Pgm	7	37	22.2	0.12			0.001				
SEV			eSg	7	37	29.7								
SEV			Sgm	7	37	30.9	0.11	0.003						
SEV			Sgm	7	37	31.2	0.10		0.003		6.2	34	7.7	
SUDU	71	43	ePg	7	37	24.3								
SUDU			Pgm	7	37	24.6	0.19			0.003				
SUDU			eSg	7	37	33.8								
SUDU			Sgm	7	37	33.9	0.23	0.008						
SUDU			Sgm	7	37	35.7	0.22		0.005		5.9	22	6.4	

№ 25. 12 апреля. Черное море, район 9

$\theta=23\text{ч } 27\text{мин } 53.9\text{с}$, $\varphi=42.96^\circ\text{N}$, $\lambda=33.65^\circ\text{E}$, $h=28\text{км}$, $K_{\Pi}=7.6\pm 0.4(6)$, $KD=8.4(3)$

YAL	175	13	eSn	23	28	39.3								
YAL			Snm	23	28	40.3	0.13		0.012		8.0			
YAL			Snm	23	28	40.5	0.15	0.011						
SEV	177	1	-iPn	23	28	19.7		-	-	-				$\alpha=204^\circ$
SEV			Pnm	23	28	19.9	0.16			0.003				
SEV			iSn	23	28	39.6								
SEV			Snm	23	28	39.8	0.33	0.007			7.1			
SEV			Snm	23	28	40.0	0.18		0.003			57	8.7	
SIM	225	9	eSn	23	28	50.9								
SIM			Snm	23	28	51.2	0.21		0.004					
SIM			Snm	23	28	52.6	0.25	0.006			7.1			
SUDU	240	26	eSn	23	28	53.4								
SUDU			Snm	23	28	53.7	0.20		0.007		7.5			
SUDU			Snm	23	28	56.7	0.48	0.016						
DNZ2	271	353	ePn	23	28	32.7								
DNZ2			Pnm	23	28	33.1	0.12			0.008				
DNZ2			iSn	23	29	1.1								
DNZ2			Snm	23	29	3.1	0.13		0.006					
DNZ2			Snm	23	29	3.4	0.15	0.008			8.0	55	8.2	
TARU	283	342	ePn	23	28	32.9								
TARU			Pnm	23	28	33.8	0.13			0.004				
TARU			eSn	23	29	2.6								
TARU			Snm	23	29	6.2	0.15	0.005						
TARU			Snm	23	29	6.4	0.15		0.006		7.8	56	8.3	

№ 26. 13 апреля. Черное море, район 8

$\theta=3\text{ч } 6\text{мин } 34.6\text{с}$, $\varphi=44.90^\circ\text{N}$, $\lambda=31.98^\circ\text{E}$, $h=12\text{км}$, $K_{\Pi}=7.0\pm 0.7(4)$, $KD=8.1(2)$

TARU	68	39	iPg	3	6	47.2		-	0	-				$\alpha=194^\circ$
TARU			Pgm	3	6	48.1	0.12			0.007				
TARU			iSg	3	6	55.2								
TARU			Sgm	3	6	55.5	0.17	0.016			6.5			
TARU			Sgm	3	6	56.9	0.13		0.010			40	7.6	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DNZ2	110	61	eSg	3	7	7.7								
DNZ2			Sgm	3	7	8.9	0.22	0.044			8.0			
DNZ2			Sgm	3	7	9.0	0.16		0.027					
SEV	140	106	ePg	3	6	59.2								
SEV			Pgm	3	7	4.5	0.23			0.001				
SEV			eSg	3	7	16.5								
SEV			Sgm	3	7	17.8	0.14		0.002					
SEV			Sgm	3	7	18.4	0.18	0.004			6.5	50	8.6	
YAL	178	104	eSn	3	7	23.7								
YAL			Snm	3	7	28.1	0.25		0.003					
YAL			Snm	3	7	30.1	0.27	0.008			7.1			

№ 27. 13 апреля. Черное море, район 1

$0=11ч\ 56мин\ 14.4с$, $\varphi=44.92^{\circ}N$, $\lambda=32.31^{\circ}E$, $h=22км$, $K_{II}=6.1\pm 0.3(2)$, $KD=7.5(2)$

TARU	53	19	ePg	11	56	24.7								
TARU			Pgm	11	56	26.5	0.19			0.023				
TARU			eSg	11	56	32.0								
TARU			Sgm	11	56	33.7	0.29		0.011					
TARU			Sgm	11	56	35.9	0.19	0.010			5.8	30	7.1	
DNZ2	86	55	ePg	11	56	30.2								
DNZ2			Pgm	11	56	30.5	0.10			0.009				
SEV	116	111	-iPg	11	56	35.7								$\alpha=284^{\circ}$
SEV			Pgm	11	56	35.9	0.19			0.011				
SEV			iSg	11	56	49.9								
SEV			Sgm	11	56	50.2	0.30	0.006			6.4			
SEV			Sgm	11	56	50.9	0.21		0.003			35	7.8	
SUDU	212	90	ePn	11	56	48.7								
SUDU			Pnm	11	56	49.3	0.30			0.005				

№ 28. 18 апреля. Черное море, район 5

$0=10ч\ 57мин\ 59.8с$, $\varphi=44.56^{\circ}N$, $\lambda=37.49^{\circ}E$, $h=20км$, $K_{II}=8.7\pm 0.3(10)$, $KD=9.5(2)$
 $MSH=2.5(9)$, $MD=3.0(2)$

SUKR	27	348	ePg	10	58	5.9								
SUKR			iSg	10	58	10.3								
ANN	38	339	-iPg	10	58	7.2								
ANN			Pgm	10	58	7.4	0.20			0.817				
ANN			iSg	10	58	12.2								
ANN			Sgm	10	58	12.8	0.40		4.600		9.4			
ANN			Sgm	10	58	15.7	0.30	1.300						
SPGR	50	66	-iPg	10	58	9.5								
TMNR	86	320	ePg	10	58	16.1								
TMNR			eSg	10	58	27.5								
KERU	116	316	eSg	10	58	36.8								
KERU			Sgm	10	58	37.1	0.40	0.058			8.4			$MSH=2.3$
KERU			Sgm	10	58	44.2	0.40		0.051					
FEO	173	288	e(Sn)	10	58	48.3								
FEO			Snm	10	58	48.7	0.27		0.023					
FEO			Snm	10	58	51.5	0.25	0.033			8.1			$MSH=2.3$
SUDU	200	281	ePn	10	58	29.0								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Pnm	10	58	29.6	0.23			0.009				
SUDU			iSn	10	58	51.2								
SUDU			Snm	10	58	52.2	0.50		0.049					<i>MSH=2.8</i>
SUDU			Snm	10	58	52.3	0.42	0.101			8.9	90	9.2	<i>MD=3.0</i>
ALU	245	274	eSn	10	59	1.5								
ALU			Snm	10	59	4.6	0.22		0.007					
ALU			Snm	10	59	5.0	0.22	0.018			8.3			<i>MSH=2.3</i>
YAL	265	269	eSn	10	59	7.2								
YAL			Snm	10	59	8.3	0.23		0.031		8.6			<i>MSH=2.5</i>
YAL			Snm	10	59	9.3	0.15	0.022						
SIM	270	280	eSn	10	59	7.7								
SIM			Snm	10	59	8.7	0.13	0.009						
SIM			Snm	10	59	10.0	0.14		0.011		8.7			<i>MSH=2.1</i>
SEV	302	271	ePn	10	58	42.7								
SEV			Pnm	10	58	46.0	0.14			0.002				
SEV			eSn	10	59	15.0								
SEV			Snm	10	59	16.8	0.22		0.010		8.3			<i>MSH=2.4</i>
SEV			Snm	10	59	18.4	0.26	0.010				90	9.7	<i>MD=3.0</i>
DNZ2	348	286	eSn	10	59	24.5								
DNZ2			Snm	10	59	28.5	0.14		0.013					
DNZ2			Snm	10	59	28.9	0.15	0.019			9.2			<i>MSH=2.7</i>
TARU	400	285	eSn	10	59	35.8								
TARU			Snm	10	59	37.5	0.16	0.009						
TARU			Snm	10	59	38.1	0.14		0.010		8.9			<i>MSH=2.7</i>

№ 29. 19 апреля. Черное море, район 3

$\theta=23^{\circ}ч\ 53^{\circ}мин\ 40.4с$, $\varphi=44.57^{\circ}N$, $\lambda=34.49^{\circ}E$, $h=21км$, $K_{\Pi}=6.9\pm 0.3(8)$, $KD=8.1(6)$

ALU	14	331	-iPg	23	53	45.2								
ALU			Pgm	23	53	45.4	0.16			0.067				
ALU			eSg	23	53	48.3								
ALU			Sgm	23	53	48.6	0.23	0.344			7.2			
ALU			Sgm	23	53	48.8	0.28		0.087			35	7.4	
YAL	28	251	ePg	23	53	47.6								
YAL			Pgm	23	53	47.9	0.09			0.008				
YAL			eSg	23	53	53.0								
YAL			Sgm	23	53	53.6	0.23		0.048					
YAL			Sgm	23	53	53.8	0.16	0.050			7.4	35	7.8	
SUDU	53	48	ePg	23	53	50.8								
SUDU			Pgm	23	53	51.4	0.19			0.009				
SUDU			eSg	23	53	58.1								
SUDU			Sgm	23	53	58.9	0.25	0.033						
SUDU			Sgm	23	53	59.1	0.22		0.053		7.1	50	8.1	
SIM	52	325	eSg	23	53	58.6								
SIM			Sgm	23	53	59.3	0.14		0.014					
SIM			Sgm	23	53	59.4	0.13	0.010			6.9			
SEV	64	268	-iPg	23	53	53.1								
SEV			Pgm	23	53	53.4	0.18			0.003				
SEV			eSg	23	54	1.3								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Sgm	23	54	1.5	0.14	0.004						
SEV			Sgm	23	54	1.9	0.16		0.004		6.4	55	8.7	
FEO	87	54	eSg	23	54	7.7								
FEO			Sgm	23	54	14.0	0.14	0.007						
FEO			Sgm	23	54	14.9	0.20		0.007		6.5			
DNZ2	134	312	ePg	23	54	5.6								
DNZ2			Pgm	23	54	6.4	0.15			0.006				
DNZ2			eSg	23	54	22.4								
DNZ2			Sgm	23	54	24.5	0.22		0.009		6.9			
DNZ2			Sgm	23	54	24.9	0.15	0.006				55	8.2	
TARU	178	301	ePn	23	54	11.5								
TARU			Pnm	23	54	16.5	0.46			0.005				
TARU			eSn	23	54	33.4								
TARU			Snm	23	54	35.2	0.20	0.005						
TARU			Snm	23	54	36.1	0.50		0.015		7.1	50	8.1	

№ 30. 25 апреля. Черное море, район 1

$0=16ч\ 16мин\ 40.3с$, $\varphi=44.74^{\circ}N$, $\lambda=32.40^{\circ}E$, $h=20км$, $K_{П}=7.2\pm 0.2(3)$, $KD=7.6(2)$

TARU	71	8	e(Pg)	16	16	54.1								
TARU			Pgm	16	16	56.7	0.22			0.003				
TARU			eSg	16	17	3.2								
TARU			Sgm	16	17	4.8	0.30	0.031						
TARU			Sgm	16	17	4.9	0.31		0.032		7.5	32	7.3	
DNZ2	96	42	eSg	16	17	9.4								
DNZ3			Sgm	16	17	10.7	0.21	0.007						
DNZ2			Sgm	16	17	11.9	0.25		0.010		7.2			
SEV	104	101	ePg	16	16	59.4								
SEV			Pgm	16	17	0.2	0.20			0.002				
SEV			eSg	16	17	12.7								
SEV			Sgm	16	17	13.1	0.20	0.009			7.0			
SEV			Sgm	16	17	13.5	0.19		0.006			35	7.8	

№ 31. 26 апреля. Черное море, район 1

$0=10ч\ 46мин\ 10.3с$, $\varphi=44.42^{\circ}N$, $\lambda=33.18^{\circ}E$, $h=16км$, $K_{П}=7.2\pm 0.3(3)$, $KD=7.4(2)$

SEV	42	71	+iPg	10	46	18.4		+	+	+				$\alpha=257^{\circ}$
SEV			Pgm	10	46	18.5	0.28			0.019				
SEV			iSg	10	46	23.6								
SEV			Sgm	10	46	23.7	0.23	0.043						
SEV			Sgm	10	46	24.2	0.28		0.034		6.8	32	7.6	
DNZ2	106	2	e	10	46	31.2								
DNZ2			eSg	10	46	43.0								
DNZ2			Sgm	10	46	45.7	0.23		0.017					
DNZ2			Sgm	10	46	45.9	0.30	0.024			7.2			
TARU	117	335	e(Pg)	10	46	31.4								
TARU			Pgm	10	46	33.1	0.30			0.006				
TARU			eSg	10	46	46.1								
TARU			Sgm	10	46	47.7	0.31	0.024						
TARU			Sgm	10	46	47.9	0.28		0.036		7.6	32	7.2	

№ 32. 28 апреля. Черное море, район 5

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t=1ч\ 43мин\ 35.1с, \varphi=44.65^{\circ}N, \lambda=37.01^{\circ}E, h=25км, K_{П}=8.9\pm 0.2(10), KD=9.0(9)$														
$MSH=2.8(10), MD=2.8(9)$														
ANN	36	43	+iPg	1	43	42.4								
ANN			Pgm	1	43	42.5	0.10			1.347				
ANN			iSg	1	43	47.5								
ANN			Sgm	1	43	47.7	0.30	2.936			9.2			$MSH=3.3$
SUKR	37	63	ePg	1	43	42.8								
SUKR			eSg	1	43	48.4								
TMNR	59	343	ePg	1	43	47.9								
TMNR			e	1	43	53.7								
TMNR			eSg	1	43	56.7								
GLDR	67	56	+iPg	1	43	46.9								
GLDR			e	1	43	53.0								
GLDR			e(Sg)	1	43	55.9								
SPGR	85	82	ePg	1	43	50.1								
SPGR			eSg	1	44	1.2								
KERU	85	329	-ePg	1	43	50.9								
KERU			Pgm	1	43	51.4	0.28			0.102				
KERU			e(Sg)	1	44	1.9								
KERU			Sgm	1	44	6.0	0.33	0.045						$MSH=2.6$
KERU			Sgm	1	44	6.7	0.33		0.065		8.9	75	8.9	$MD=2.9$
FEO	134	289	ePg	1	43	55.7								
FEO			Pgm	1	43	55.9	0.20			0.020				
FEO			iSg	1	44	11.9								
FEO			Sgm	1	44	12.6	0.23		0.048					$MSH=2.4$
FEO			Sgm	1	44	14.0	0.26	0.059			8.2	54	9.0	$MD=2.6$
SUDU	161	280	-ePg	1	43	58.9								
SUDU			Pgm	1	43	59.5	0.22			0.023				
SUDU			iSg	1	44	16.8								
SUDU			Sgm	1	44	18.6	0.27	0.085			8.8			$MSH=2.7$
SUDU			Sgm	1	44	18.6	0.23		0.054			82	9.0	$MD=2.9$
ALU	206	272	ePn	1	44	4.5								
ALU			Pnm	1	44	6.1	0.20			0.003				
ALU			eSn	1	44	26.6								
ALU			Snm	1	44	29.2	0.27	0.095			9.4			$MSH=2.9$
ALU			Snm	1	44	30.8	0.27		0.043			90	9.2	$MD=3.0$
SPGR	191	63	ePn	1	44	4.9								
SPGR			eSn	1	44	27.1								
YAL	227	267	ePn	1	44	8.3								
YAL			Pnm	1	44	9.3	0.28			0.010				
YAL			iSn	1	44	33.2								
YAL			Snm	1	44	35.1	0.29		0.079		8.9			$MSH=3.1$
YAL			Snm	1	44	35.2	0.23	0.055				65	9.0	$MD=2.8$
SIM	231	279	-iPn	1	44	8.7								
SIM			Pnm	1	44	9.2	0.22			0.018				
SIM			eSn	1	44	33.8								
SIM			Snm	1	44	34.4	0.30		0.028		8.6			$MSH=2.5$

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SIM			Snm	1	44	36.3	0.32	0.026				68	8.6	MD=2.8
SOC	250	118	eSn	1	44	38.9								
SEV	264	269	-ePn	1	44	12.7								
SEV			Pnm	1	44	12.9	0.25			0.004				
SEV			eSn	1	44	41.2								
SEV			Snm	1	44	42.2	0.28		0.021		8.6			MSH=2.5
SEV			Snm	1	44	44.8	0.21	0.018				70	9.2	MD=2.8
DNZ2	309	287	e(Pn)	1	44	18.9								
DNZ2			Pnm	1	44	22.7	0.21			0.003				
DNZ2			eSn	1	44	50.8								
DNZ2			Snm	1	44	51.6	0.27		0.028		8.8			MSH=2.8
DNZ2			Snm	1	44	51.8	0.25	0.025				74	8.9	MD=2.8
TARU	361	284	ePn	1	44	24.7								
TARU			Pnm	1	44	25.2	0.14			0.004				
TARU			eSn	1	45	2.4								
TARU			Snm	1	45	3.3	0.20	0.021			9.1			MSH=2.9
TARU			Snm	1	45	3.4	0.20		0.010			81	9.0	MD=2.9
KELT	533	159	ePn	1	44	47.3								
KELT			eSn	1	45	40.6								

№ 33. 2 мая. Черное море, район 3

 $\theta=1ч\ 9мин\ 56.3с$, $\varphi=44.62^{\circ}N$, $\lambda=34.53^{\circ}E$, $h=24км$, $K_{\Pi}=5.5\pm 0.2(5)$, $KD=5.9(3)$

ALU	12	304	-iPg	1	10	0.6								
ALU			Pgm	1	10	0.7	0.23			0.006				
ALU			eSg	1	10	3.5								
ALU			Sgm	1	10	4.9	0.19	0.043			5.6			
ALU			Sgm	1	10	5.3	0.16		0.018			15	5.7	
YAL	33	243	e(Pg)	1	10	3.6								
YAL			Pgm	1	10	4.1	0.19			0.002				
YAL			eSg	1	10	8.8								
YAL			Sgm	1	10	9.3	0.22		0.007					
YAL			Sgm	1	10	10.9	0.21	0.011			5.8	12	5.7	
SUDU	47	51	e(Sg)	1	10	12.4								
SUDU			Sgm	1	10	13.8	0.27	0.010						
SUDU			Sgm	1	10	13.8	0.24		0.011		5.3			
SIM	49	318	eSg	1	10	14.2								
SIM			Sgm	1	10	14.9	0.14	0.003						
SIM			Sgm	1	10	14.9	0.11		0.002		5.6			
SEV	68	263	-iPg	1	10	9.4								
SEV			Pgm	1	10	9.9	0.29			0.001				
SEV			eSg	1	10	18.4								
SEV			Sgm	1	10	19.5	0.29	0.001						
SEV			Sgm	1	10	19.5	0.13		0.001		5.4	17	6.3	

№ 34. 2 мая. Черное море, район 3

 $\theta=2ч\ 6мин\ 33.4с$, $\varphi=44.65^{\circ}N$, $\lambda=34.54^{\circ}E$, $h=18км$, $K_{\Pi}=4.9\pm 0.1(4)$, $KD=5.5(2)$

ALU	11	289	-iPg	2	6	37.5								
ALU			Pgm	2	6	37.8	0.16			0.005				
ALU			eSg	2	6	40.4								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			Sgm	2	6	41.8	0.23	0.014			4.9			
ALU			Sgm	2	6	41.8	0.22		0.007			9	4.7	
YAL	35	241	eSg	2	6	45.8								
YAL			Sgm	2	6	46.0	0.34	0.008			5.1			
YAL			Sgm	2	6	46.0	0.36		0.008					
SUDU	45	53	Sgm				0.27	0.005						
SUDU			Sgm				0.45		0.007		4.6			*
SEV	69	262	ePg	2	6	46.4								
SEV			eSg	2	6	55.4								
SEV			Sgm	2	6	56.1	0.47	0.002			4.9			
SEV			Sgm	2	6	56.1	0.22		0.001			16	6.2	

№ 35. 2 мая. Черное море, район 3

$\theta=18ч\ 13мин\ 5.7с$, $\varphi=44.64^{\circ}N$, $\lambda=34.51^{\circ}E$, $h=20км$, $K_{II}=6.3\pm 0.1(5)$, $KD=6.7(4)$

ALU	10	299	-iPg	18	13	8.8								
ALU			Pgm	18	13	9.0	0.28			0.026				
ALU			e(Sg)	18	13	11.1								
ALU			Sgm	18	13	13.0	0.17	0.196						
ALU			Sgm	18	13	13.0	0.34		0.131		6.5	24	6.6	
YAL	33	239	ePg	18	13	13.1								
YAL			Pgm	18	13	13.5	0.33			0.010				
YAL			eSg	18	13	18.1								
YAL			Sgm	18	13	18.6	0.34	0.020						
YAL			Sgm	18	13	18.6	0.21		0.022		6.4	16	6.2	
SUDU	47	54	-ePg	18	13	15.7								
SUDU			Pgm	18	13	15.8	0.16			0.005				
SUDU			eSg	18	13	22.3								
SUDU			Sgm	18	13	23.3	0.47		0.038					
SUDU			Sgm	18	13	24.3	0.26	0.025			6.2	24	6.6	
SIM	47	318	eSg	18	13	23.5								
SIM			Sgm	18	13	23.8	0.13		0.006		6.2			
SIM			Sgm	18	13	24.9	0.18	0.006						
SEV	66	261	ePg	18	13	18.8								
SEV			Pgm	18	13	19.0	0.22			0.001				
SEV			eSg	18	13	27.6								
SEV			Sgm	18	13	27.7	0.17	0.002						
SEV			Sgm	18	13	29.7	0.16		0.003		6.1	27	7.3	

№ 36. 2 мая. Черное море, район 3

$\theta=18ч\ 46мин\ 36.2с$, $\varphi=44.64^{\circ}N$, $\lambda=34.52^{\circ}E$, $h=22км$, $K_{II}=5.7\pm 0.3(4)$, $KD=5.9(3)$

ALU	10	296	-iPg	18	46	39.6								
ALU			Pgm	18	46	39.7	0.28			0.014				
ALU			e(Sg)	18	46	41.9								
ALU			Sgm	18	46	43.8	0.28	0.009	0.042		5.4	10	4.9	
YAL	33	239	ePg	18	46	43.9								
YAL			Pgm	18	46	44.2	0.32			0.009				
YAL			eSg	18	46	49.0								
YAL			Sgm	18	46	49.2	0.25	0.015						
YAL			Sgm	18	46	49.3	0.21		0.018		6.2	13	5.8	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU	47	53	e(Sg)	18	46	53.0								
SUDU			Sgm	18	46	54.7	0.20	0.008						
SUDU			Sgm	18	46	54.7	0.24		0.012		5.6			
SEV	67	261	-iPg	18	46	49.5								
SEV			Pgm	18	46	50.3	0.05			0.001				
SEV			eSg	18	46	58.4								
SEV			Sgm	18	46	59.1	0.17	0.001						
SEV			Sgm	18	46	59.1	0.13		0.001		5.4	22	6.9	
№ 37. 2 мая. Черное море, район 3														
<i>0=18ч 47мин 27.6с, φ=44.64°N, λ=34.52°E, h=22км, K_П=4.6±0.5(1)</i>														
ALU	10	296	eSg	18	47	33.1								
ALU			Sgm	18	47	34.3	0.26	0.035			4.6			
ALU			Sgm	18	47	34.3	0.28		0.018					
SEV	67	261	eSg	18	47	49.5								
№ 38. 2 мая. Черное море, район 3														
<i>0=19ч 50мин 25.7с, φ=44.63°N, λ=34.53°E, h=25км, K_П=5.4±0.1(5), KD=5.7(3)</i>														
ALU	11	300	-iPg	19	50	29.8								
ALU			Pgm	19	50	30.0	0.16			0.005				
ALU			e(Sg)	19	50	31.9								
ALU			Sgm	19	50	33.9	0.16	0.055			5.3			
ALU			Sgm	19	50	33.9	0.41		0.067			11	5.1	
YAL	34	242	ePg	19	50	33.0								
YAL			Pgm	19	50	33.2	0.17			0.002				
YAL			eSg	19	50	38.3								
YAL			Sgm	19	50	40.2	0.20	0.010			5.8			
YAL			Sgm	19	50	40.2	0.22		0.008			13	5.8	
SUDU	47	52	e(Sg)	19	50	42.2								
SUDU			Sgm	19	50	44.3	0.39	0.013						
SUDU			Sgm	19	50	44.3	0.52		0.018		5.4			
SIM	48	318	e(Sg)	19	50	43.3								
SIM			Sgm	19	50	43.7	0.35	0.006						
SIM			Sgm	19	50	43.7	0.21		0.003		5.4			
SEV	68	262	-iPg	19	50	38.6								
SEV			Pgm	19	50	39.3	0.19			0.001				
SEV			eSg	19	50	47.6								
SEV			Sgm	19	50	49.5	0.26	0.001						
SEV			Sgm	19	50	49.5	0.16		0.001		5.2	16	6.2	
№ 39. 5 мая. Черное море, район 3														
<i>0=16ч 33мин 8.5с, φ=44.64°N, λ=34.51°E, h=21км, K_П=6.4±0.3(5), KD=6.1(4)</i>														
ALU	10	299	-iPg	16	33	12.6								
ALU			Pgm	16	33	12.8	0.19			0.013				
ALU			eSg	16	33	15.5								
ALU			Sgm	16	33	16.8	0.37	0.199			6.5			
ALU			Sgm	16	33	16.8	0.19		0.081			14	5.6	
YAL	33	239	ePg	16	33	15.6								
YAL			Pgm	16	33	15.9	0.23			0.005				
YAL			eSg	16	33	20.6								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Sgm	16	33	21.1	0.25		0.024					
YAL			Sgm	16	33	22.8	0.22	0.031			6.6	12	5.7	
SUDU	47	54	ePg	16	33	18.1								
SUDU			Pgm	16	33	18.6	0.12			0.006				
SUDU			eSg	16	33	24.9								
SUDU			Sgm	16	33	26.2	0.48		0.043		6.2			
SUDU			Sgm	16	33	27.2	0.27	0.023				22	6.4	
SIM	46	318	eSg	16	33	26.4								
SIM			Sgm	16	33	26.7	0.42	0.019						
SIM			Sgm	16	33	26.7	0.28		0.019		6.7			
SEV	67	261	ePg	16	33	20.9								
SEV			Pgm	16	33	21.6	0.25			0.002				
SEV			eSg	16	33	29.7								
SEV			Sgm	16	33	30.8	0.13	0.001						
SEV			Sgm	16	33	32.1	0.13		0.002		5.9	19	6.6	

№ 40. 5 мая. Черное море, район 3

$\theta=21$ ч 8мин 1.0с, $\varphi=44.67^\circ N$, $\lambda=34.53^\circ E$, $h=12$ км, $K_{II}=5.2\pm 0.2(4)$, $KD=5.9(3)$

ALU	10	277	-iPg	21	8	3.7								
ALU			Pgm	21	8	3.9	0.30			0.006				
ALU			e(Sg)	21	8	6.0								
ALU			Sgm	21	8	7.4	0.17	0.026	0.012		4.8	13	5.4	
YAL	36	235	ePg	21	8	7.9								
YAL			Pgm	21	8	8.1	0.35			0.003				
YAL			eSg	21	8	12.8								
YAL			Sgm	21	8	14.8	0.21	0.008						
YAL			Sgm	21	8	15.1	0.23		0.005		5.5	12	5.7	
SUDU	44	56	e(Sg)	21	8	18.0								
SUDU			Sgm	21	8	18.9	0.30	0.007						
SUDU			Sgm	21	8	19.6	0.59		0.018		5.3			
SEV	69	218	-iPg	21	8	13.4								
SEV			eSg	21	8	22.3								
SEV			Sgm	21	8	23.9	0.18		0.001		5.1			
SEV			Sgm	21	8	24.2	0.28	0.001				19	6.8	

№ 41. 5 мая. Черное море, район 3

$\theta=23$ ч 8мин 55.8с, $\varphi=44.62^\circ N$, $\lambda=34.55^\circ E$, $h=18$ км, $K_{II}=5.1\pm 0.3(5)$, $KD=5.4(4)$

ALU	13	300	-iPg	23	8	59.1								
ALU			Pgm	23	8	59.4	0.18			0.003				
ALU			eSg	23	9	1.4								
ALU			Sgm	23	9	2.6	0.17	0.025			4.7			
ALU			Sgm	23	9	2.6	0.20		0.013			12	5.2	
YAL	34	245	ePg	23	9	3.1								
YAL			Pgm	23	9	3.5	0.21			0.002				
YAL			eSg	23	9	8.1								
YAL			Sgm	23	9	10.3	0.24	0.009			5.5			
YAL			Sgm	23	9	10.5	0.23		0.005			11	5.5	
SUDU	46	49	ePg	23	9	5.9								
SUDU			eSg	23	9	12.5								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Sgm	23	9	13.0	0.37	0.007						
SUDU			Sgm	23	9	13.0	0.44		0.010		4.9	11	5.0	
SIM	50	317	eSg	23	9	13.7								
SIM			Sgm	23	9	14.2	0.11	0.001						
SIM			Sgm	23	9	14.2	0.20		0.004		5.5			
SEV	69	263	-iPg	23	9	8.8								
SEV			eSg	23	9	17.9								
SEV			Sgm	23	9	18.4	0.26	0.001						
SEV			Sgm	23	9	19.3	0.42		0.002		5.0	14	6.0	
№ 42. 6 мая. Черное море, район 3														
$\theta=2ч\ 25мин\ 27.9с, \varphi=44.62^{\circ}N, \lambda=34.53^{\circ}E, h=18км, K_{П}=5.2\pm 0.1(5), KD=5.4(3)$														
ALU	12	304	-iPg	2	25	31.1								
ALU			Pgm	2	25	31.2	0.20			0.003				
ALU			e(Sg)	2	25	33.7								
ALU			Sgm	2	25	35.3	0.29	0.060						
ALU			Sgm	2	25	35.4	0.28		0.028		5.2	9	4.7	
YAL	33	243	ePg	2	25	35.0								
YAL			Pgm	2	25	35.3	0.26			0.002				
YAL			eSg	2	25	39.9								
YAL			Sgm	2	25	40.9	0.22		0.003					
YAL			Sgm	2	25	42.1	0.21	0.007			5.4	11	5.5	
SUDU	47	51	eSg	2	25	44.2								
SUDU			Sgm	2	25	44.4	0.26	0.006						
SUDU			Sgm	2	25	44.4	0.45		0.009		4.9			
SIM	49	318	e(Sg)	2	25	45.2								
SIM			Sgm	2	25	46.1	0.20		0.003		5.3			
SEV	68	263	-iPg	2	25	40.7								
SEV			eSg	2	25	49.8								
SEV			Sgm	2	25	50.0	0.18		0.001		5.1			
SEV			Sgm	2	25	51.2	0.27	0.001				14	6.0	
№ 43. 7 мая. Черное море, район 1														
$\theta=16ч\ 6мин\ 50.7с, \varphi=44.00^{\circ}N, \lambda=33.06^{\circ}E, h=45км, K_{П}=7.2\pm 0.3(7), KD=7.4(2)$														
SEV	78	39	+iPg	16	7	4.0								$\alpha=250^{\circ}$
SEV			Pgm	16	7	4.2	0.08			0.002				
SEV			eSg	16	7	12.9								
SEV			Sgm	16	7	13.2	0.35	0.028						
SEV			Sgm	16	7	13.2	0.26		0.021		6.9	36	7.8	
YAL	103	57	e(Pg)	16	7	7.9								
YAL			e(Sg)	16	7	19.4								
YAL			Sgm	16	7	20.5	0.10	0.005						
YAL			Sgm	16	7	21.4	0.10		0.009		7.3			
ALU	131	54	e(Sg)	16	7	24.5								
ALU			Sgm	16	7	24.7	0.23		0.006		6.5			
SIM	135	38	eSg	16	7	26.5								
SIM			Sgm	16	7	27.0	0.29	0.014			7.2			
SIM			Sgm	16	7	27.1	0.30		0.023					
DNZ2	154	4	ePg	16	7	14.4								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DNZ2			Pgm	16	7	15.1	0.07			0.006				
DNZ2			eSg	16	7	30.6								
DNZ2			Sgm	16	7	32.0	0.11		0.013		7.8			
DNZ2			Sgm	16	7	32.3	0.11	0.012				27	6.9	
TARU	158	345	eSg	16	7	31.8								
TARU			Sgm	16	7	33.3	0.10	0.009	0.011		7.7			
SUDU	183	56	eSn	16	7	37.6								
SUDU			Snm	16	7	39.7	0.55	0.016						
SUDU			Snm	16	7	39.9	0.53		0.013		7.4			
FEO	217	58	e(Sn)	16	7	45.6								

№ 44. 12 мая. Черное море, район 2

$\theta=0ч\ 29мин\ 58.1с$, $\varphi=44.32^{\circ}N$, $\lambda=34.49^{\circ}E$, $h=10км$, $K_{П}=5.8\pm 0.3(6)$, $KD=6.6(2)$

YAL	33	305	eSg	0	30	8.2								
YAL			Sgm	0	30	11.0	0.27		0.010					
YAL			Sgm	0	30	11.1	0.20	0.018			5.7			
ALU	41	350	ePg	0	30	5.0								
ALU			Pgm	0	30	5.2	0.20			0.003				
ALU			eSg	0	30	10.4								
ALU			Sgm	0	30	10.9	0.25		0.003					
ALU			Sgm	0	30	11.3	0.23	0.045			6.6	24	6.6	
SEV	69	191	ePg	0	30	11.3								
SEV			Pgm	0	30	11.6	0.26			0.001				
SEV			eSg	0	30	20.4								
SEV			Sgm	0	30	20.9	0.23	0.001			5.5			
SEV			Sgm	0	30	20.9	0.26		0.003			19	6.6	
SUDU	75	32	eSg	0	30	21.9								
SUDU			Sgm	0	30	22.0	0.33		0.006		5.4			
SUDU			Sgm	0	30	23.1	0.34	0.006						
DNZ2	154	319	eSn	0	30	43.9								
DNZ2			Snm	0	30	44.4	0.24	0.001			5.4			
DNZ2			Snm	0	30	47.7	0.38		0.002					
TARU	194	308	eSn	0	30	54.1								
TARU			Snm	0	30	56.3	0.30		0.002		5.9			
TARU			Snm	0	31	1.9	0.40	0.002						

№ 45. 14 мая. Черное море, район 2

$\theta=17ч\ 9мин\ 21.7с$, $\varphi=44.34^{\circ}N$, $\lambda=34.09^{\circ}E$, $h=15км$, $K_{П}=5.6\pm 0.3(2)$, $KD=6.1(2)$

YAL	17	17	-iPg	17	9	25.8		0	-	-				$\alpha=201^{\circ}$
YAL			Pgm	17	9	25.9	0.07			0.004				
YAL			iSg	17	9	28.6								
YAL			Sgm	17	9	28.8	0.19	0.020						
YAL			Sgm	17	9	29.7	0.17		0.033		5.8	12	5.7	
SEV	40	305	-iPg	17	9	29.5								
SEV			Pgm	17	9	29.7	0.09			0.001				
SEV			iSg	17	9	34.9								
SEV			Sgm	17	9	35.1	0.18		0.004					
SEV			Sgm	17	9	35.2	0.17	0.009			5.3	18	6.5	

№ 46. 15 мая. Черное море, район 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>0=4ч 33мин 47.3с, φ=44.33°N, λ=34.32°E, h=10км, K_П=5.3±0.6(2), KD=6.0(2)</i>														
YAL	22	323	ePg	4	33	51.3								
YAL			Pgm	4	33	51.4	0.03			0.002				
YAL			eSg	4	33	54.4								
YAL			Sgm	4	33	54.5	0.12		0.023		5.8			
YAL			Sgm	4	33	54.6	0.14	0.013				13	5.9	
SEV	56	295	ePg	4	33	57.4								
SEV			Pgm	4	33	57.9	0.33			0.001				
SEV			eSg	4	34	4.6								
SEV			Sgm	4	34	5.4	0.19		0.001					
SEV			Sgm	4	34	6.5	0.14	0.001			4.7	15	6.1	
№ 47. 16 мая. Черное море, район 1														
<i>0=5ч 17мин 53.5с, φ=44.08°N, λ=33.06°E, h=16км, K_П=7.0±0.4(6), KD=8.1(4)</i>														
SEV	71	43	ePg	5	18	7.0								
SEV			Pgm	5	18	9.7	0.19			0.002				
SEV			eSg	5	18	15.7								
SEV			Sgm	5	18	16.0	0.24	0.005						
SEV			Sgm	5	18	16.5	0.25		0.011		6.3	50	8.6	
YAL	98	62	ePg	5	18	11.1								
YAL			Pgm	5	18	13.6	0.14			0.003				
YAL			eSg	5	18	23.2								
YAL			Sgm	5	18	23.6	0.23		0.010		6.8			
YAL			Sgm	5	18	25.3	0.16	0.006				40	8.0	
ALU	126	57	eSg	5	18	29.6								
ALU			Sgm	5	18	31.5	0.14	0.008			6.7			
ALU			Sgm	5	18	31.5	0.13		0.004					
DNZ2	144	5	ePg	5	18	19.6								
DNZ2			Pgm	5	18	26.1	0.14			0.004				
DNZ2			eSg	5	18	37.0								
DNZ2			Sgm	5	18	38.8	0.27		0.014		7.3			
DNZ2			Sgm	5	18	39.9	0.14	0.008				43	7.8	
TARU	150	344	ePg	5	18	21.5								
TARU			Pgm	5	18	28.4	0.39			0.006				
TARU			eSg	5	18	40.0								
TARU			Sgm	5	18	41.7	0.52	0.048			7.8			
TARU			Sgm	5	18	42.1	0.14		0.010			45	7.9	
SUDU	178	59	eSn	5	18	41.6								
SUDU			Snm	5	18	42.7	0.22		0.007		7.0			
SUDU			Snm	5	18	45.1	0.45	0.015						
№ 48. 20 мая. Черное море, район 2														
<i>0=10ч 50мин 50.6с, φ=44.33°N, λ=34.09°E, h=14км, K_П=5.9±0.2(2), KD=5.9(2)</i>														
YAL	18	16	-iPg	10	50	54.6		-	-	-				α=195°
YAL			Pgm	10	50	54.8	0.08			0.010				
YAL			iSg	10	50	57.5								
YAL			Sgm	10	50	57.7	0.19	0.032						
YAL			Sgm	10	50	58.7	0.18		0.053		6.1	12	5.7	
SEV	40	306	-iPg	10	50	58.3		-	+	-				α=149°

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Pgm	10	50	58.5	0.09			0.001				
SEV			iSg	10	51	3.8								
SEV			Sgm	10	51	4.0	0.12	0.004			5.7			
SEV			Sgm	10	51	4.0	0.18		0.006			15	6.1	
№ 49. 23 мая. Черное море, район 1														
<i>0=6ч 16мин 3.3с, φ=44.29°N, λ=33.26°E, h=26км, K_П=8.9±0.3(7), KD=8.7(7)</i>														
<i>MSH=2.8(7), MD=2.7(7), Mc=2.6</i>														
SEV	44	49	+iPg	6	16	12.1		+	+	+				α=228°
SEV			Pgm	6	16	12.5	0.21			0.039				
SEV			iSg	6	16	18.8								
SEV			Sgm	6	16	19.4	0.30	0.049			9.1			MSH=3.0
SEV			Sgm	6	16	19.6	0.24		0.190			58	8.9	MD=2.7
YAL	75	72	-iPg	6	16	17.1		0	-	-				
YAL			Pgm	6	16	19.1	0.29			0.027				
YAL			iSg	6	16	27.0								
YAL			Sgm	6	16	28.7	0.37	0.086						MSH=2.5
YAL			Sgm	6	16	29.1	0.41		0.132		8.2	45	8.3	MD=2.4
ALU	101	64	ePg	6	16	19.8								
ALU			Pgm	6	16	20.1	0.30			0.014				
ALU			eSg	6	16	33.1								
ALU			Sgm	6	16	36.4	0.30		0.111					MSH=2.9
ALU			Sgm	6	16	40.4	0.33	0.238			8.9	58	8.4	MD=2.7
SIM	100	42	ePg	6	16	21.0								
SIM			Pgm	6	16	22.1	0.21			0.033				
SIM			iSg	6	16	34.2								
SIM			Sgm	6	16	34.9	0.33		0.050		8.7			MSH=2.3
SIM			Sgm	6	16	37.4	0.20	0.041				83	8.6	MD=2.9
DNZ2	121	358	e(Pg)	6	16	24.8								
DNZ2			Pgm	6	16	26.5	0.31			0.106				
DNZ2			eSg	6	16	40.5								
DNZ2			Sgm	6	16	44.1	0.25	0.246						MSH=3.2
DNZ2			Sgm	6	16	45.6	0.36		0.343		9.6	65	8.9	MD=2.8
TARU	133	335	+ePg	6	16	26.5								
TARU			Pgm	6	16	31.2	0.24			0.042				
TARU			eSg	6	16	43.9								
TARU			Sgm	6	16	45.8	0.35		0.172		9.2			MSH=2.9
TARU			Sgm	6	16	45.9	0.29	0.103				76	9.4	MD=2.9
SUDU	153	63	+ePn	6	16	28.7								
SUDU			Pnm	6	16	29.2	0.34			0.050				
SUDU			eSn	6	16	48.3								
SUDU			Snm	6	16	49.5	0.45	0.092						MSH=2.9
SUDU			Snm	6	16	50.6	0.51		0.148		8.9	64	8.6	MD=2.7
BZK	266	167	ePn	6	16	43.9								
TLCR	365	288	ePn	6	16	55.3								
№ 50. 25 мая. Черное море, район 2														
<i>0=6ч 1мин 40.8с, φ=44.28°N, λ=34.27°E, h=27км, K_П=7.4±0.3(7), KD=7.5(4)</i>														
YAL	25	339	ePg	6	1	46.6								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Pgm	6	1	47.3	0.24			0.015				
YAL			iSg	6	1	51.1								
YAL			Sgm	6	1	51.9	0.23	0.108						
YAL			Sgm	6	1	52.0	0.23		0.193		7.6	34	7.8	
ALU	46	13	e(Pg)	6	1	49.8								
ALU			Pgm	6	1	50.1	0.23			0.010				
ALU			eSg	6	1	56.6								
ALU			Sgm	6	1	57.5	0.23	0.143			7.9			
ALU			Sgm	6	1	57.6	0.31		0.075			31	7.1	
SEV	56	303	ePg	6	1	51.3								
SEV			Pgm	6	1	53.3	0.28			0.010				
SEV			iSg	6	1	59.1								
SEV			Sgm	6	2	0.3	0.23	0.014						
SEV			Sgm	6	2	0.5	0.23		0.023		7.1	32	7.6	
SIM	76	351	eSg	6	2	4.4								
SIM			Sgm	6	2	4.7	0.26		0.025					
SIM			Sgm	6	2	5.7	0.30	0.029			7.8			
SUDU	89	40	ePg	6	1	56.4								
SUDU			Pgm	6	1	57.9	0.20			0.007				
SUDU			eSg	6	2	8.4								
SUDU			Sgm	6	2	10.1	0.25		0.016					
SUDU			Sgm	6	2	11.3	0.29	0.022			6.9	35	7.4	
DNZ2	148	326	ePg	6	2	6.1								
DNZ2			Pgm	6	2	8.1	0.20			0.003				
DNZ2			eSg	6	2	25.1								
DNZ2			Sgm	6	2	28.2	0.31	0.010						
DNZ2			Sgm	6	2	29.5	0.25		0.009		7.0	37	7.4	
TARU	183	312	eSn	6	2	34.8					7.4			
TARU			Snm	6	2	36.4	0.31		0.011					
TARU			Snm	6	2	36.5	0.27	0.008						

№ 51. 26 мая. Черное море, район 5

 $\theta=14ч\ 24мин\ 22.2с,$ $\varphi=44.26^{\circ}N,$ $\lambda=36.02^{\circ}E,$ $h=6км,$ $K_{\Pi}=8.3\pm 0.3(9),$ $KD=8.3(5)$

OPUK	97	10	eSg	14	24	50.2								
OPUK			iSg	14	24	54.1								
OPUK			Sgm	14	24	54.3	0.31		0.064					
OPUK			Sgm	14	24	54.4	0.31	0.114			8.4			
FEO	98	330	e(Sg)	14	24	51.4								
FEO			Sgm	14	24	51.8	0.25	0.053			7.7			
FEO			Sgm	14	24	51.9	0.22		0.020					
SUDU	107	311	+iPg	14	24	39.5								$\alpha=120^{\circ}$
SUDU			Pgm	14	24	39.6	0.19			0.014				
SUDU			eSg	14	24	52.2								
SUDU			Sgm	14	24	54.6	0.32		0.042					
SUDU			Sgm	14	24	57.6	0.48	0.096			7.9	57	8.4	
ANN	123	55	e(Sg)	14	24	57.7								
ANN			Sgm	14	24	59.3	0.12	0.019						
ANN			Sgm	14	24	59.3	0.20		0.034		7.4			

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUKR	127	61	-ePg	14	24	43.2								
SUKR			eSg	14	24	58.3								
SUKR			iSg	14	24	59.1								
ALU	137	291	ePg	14	24	45.0								
ALU			Pgm	14	24	45.4	0.22			0.012				
ALU			iSg	14	25	1.7								
ALU			Sgm	14	25	2.4	0.28	0.215			9.6			
ALU			Sgm	14	25	2.6	0.23		0.099			42	7.7	
YAL	151	280	ePg	14	24	47.5								
YAL			Pgm	14	24	48.1	0.26			0.012				
YAL			eSg	14	25	5.6								
YAL			Sgm	14	25	6.2	0.27		0.118					
YAL			Sgm	14	25	6.5	0.20	0.117			9.1	51	8.6	
SIM	169	298	iSn	14	25	9.2								
SIM			Snm	14	25	9.3	0.35		0.030					
SIM			Snm	14	25	9.6	0.40	0.064			8.8			
SPGR	171	71	-ePn	14	24	50.4								
SPGR			eSn	14	25	10.9								
SEV	189	281	e(Pn)	14	24	52.0								
SEV			Pnm	14	24	55.7	0.23			0.002				
SEV			iSn	14	25	13.8								
SEV			Snm	14	25	17.0	0.33	0.017			7.8			
SEV			Snm	14	25	17.2	0.25		0.013			47	8.4	
DNZ2	254	300	e(Sn)	14	25	29.0								
DNZ2			Snm	14	25	37.6	0.31		0.013		7.8			
DNZ2			Snm	14	25	38.2	0.39	0.006						
TARU	302	295	ePn	14	25	6.1								
TARU			Pnm	14	25	7.5	0.23			0.003				
TARU			eSn	14	25	38.8								
TARU			Snm	14	25	42.2	0.25	0.004						
TARU			Snm	14	25	43.1	0.26		0.007		7.7	62	8.5	

№ 52. 31 мая. Черное море, район 5

$\theta=19^{\circ} 17' 31.6''$, $\varphi=44.68^{\circ}N$, $\lambda=36.22^{\circ}E$, $h=22$ км, $K_{\Pi}=8.1 \pm 0.4(11)$, $KD=8.6(6)$

OPUK	43	2	-iPg	19	17	42.6								
OPUK			Pgm	19	17	42.8	0.26			0.243				
OPUK			e(Sg)	19	17	50.3								
OPUK			Sgm	19	17	53.3	0.27	0.577			9.1			
OPUK			Sgm	19	17	53.3	0.28		0.438			61	8.5	
KERU	72	15	-ePg	19	17	44.8								
KERU			Pgm	19	17	45.2	0.22			0.147				
KERU			eSn	19	17	54.1								
KERU			Snm	19	17	55.0	0.40		0.218		8.5			
KERU			Snm	19	17	55.4	0.42	0.198				52	8.1	
TMNR	69	40	ePg	19	17	45.4								
TMNR			e(Sg)	19	17	55.5								
FEO	75	300	e(Sg)	19	17	55.1								
FEO			Sgm	19	17	55.5	0.22		0.055					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
FEO			Sgm	19	17	55.7	0.22	0.097			7.9			
ANN	89	75	-iPg	19	17	47.9								
ANN			Pgm	19	17	48.4	0.40			0.021				
ANN			e(Sg)	19	17	58.5								
ANN			iSg	19	17	58.9								
ANN			Sgm	19	17	59.1	0.20	0.121			8.0			
SUKR	96	82	-iPg	19	17	48.8								
SUKR			eSg	19	18	0.3								
SUDU	99	284	-iPg	19	17	49.1								
SUDU			Pgm	19	17	51.5	0.29			0.005				
SUDU			iSg	19	18	1.5								
SUDU			Sgm	19	18	1.6	0.31		0.034					
SUDU			Sgm	19	18	2.6	0.27	0.063			8.0	67	8.7	
ALU	144	271	e(Sn)	19	18	11.9								
ALU			Snm	19	18	17.4	0.28		0.035					
ALU			Snm	19	18	18.0	0.20	0.050			8.7			
YAL	165	263	e(Pn)	19	17	59.1								
YAL			Pnm	19	18	0.3	0.25			0.013				
YAL			iSn	19	18	18.1								
YAL			Snm	19	18	18.6	0.24		0.059					
YAL			Snm	19	18	18.7	0.39	0.076			8.4	51	8.5	
SIM	169	281	eSn	19	18	18.3								
SIM			Snm	19	18	18.4	0.29	0.011						
SIM			Snm	19	18	18.4	0.25		0.012		7.8			
SEV	202	267	-ePn	19	18	3.4								
SEV			Pnm	19	18	4.7	0.22			0.002				
SEV			eSn	19	18	25.8								
SEV			Snm	19	18	27.5	0.25		0.019		8.1			
SEV			Snm	19	18	28.3	0.30	0.028				84	9.1	
DNZ2	248	289	e(Sn)	19	18	34.1								
DNZ2			Snm	19	18	35.5	0.26	0.007						
DNZ2			Snm	19	18	37.1	0.28		0.008		7.4			
TARU	300	286	e(Pn)	19	18	14.9								
TARU			Pnm	19	18	23.5	0.23			0.002				
TARU			eSn	19	18	46.8								
TARU			Snm	19	18	52.7	0.23		0.004					
TARU			Snm	19	18	53.0	0.33	0.006			7.3	82	9.0	

№ 53. 2 июня. Черное море, район 1

$\theta=18$ ч 16мин 29,2с, $\varphi=44.02^\circ N$, $\lambda=33.23^\circ E$, $h=44$ км, $K_{II}=10.2\pm 0.3(8)$, $KD=10.2(7)$

$MSH=3.5(7)$, $MD=3.3(7)$, $Mc=3.2$

SEV	68	31	-iPg	18	16	41.6		-	-	-				$\alpha=213^\circ$
SEV			Pgm	18	16	42.0	0.07			0.089				
SEV			eSg	18	16	50.2								
SEV			Sgm	18	16	51.1	0.16	0.559			10.0			$MSH=3.2$
SEV			Sgm	18	16	51.4	0.33		0.538			128	10.4	$MD=3.3$
YAL	90	55	-ePg	18	16	44.6		-	-	-				$\alpha=241^\circ$
YAL			Pgm	18	16	44.8	0.19			0.128				

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			eSg	18	16	55.2								
YAL			Sgm	18	16	57.1	0.24	0.461						MSH=3.1
YAL			Sgm	18	16	57.2	0.19		0.417		9.9	105	9.9	MD=3.2
ALU	119	51	Pgm				0.29			0.056				* Sg-Pg=13.5c
ALU			Sgm				0.47	1.700			10.1			MSH=3.8
ALU			Sgm				0.32		0.694			108	9.7	MD=3.2
SIM	125	34	-iPg	18	16	49.3		-	-	-				$\alpha=208^\circ$
SIM			Pgm	18	16	49.7	0.23			0.141				
SIM			eSg	18	17	3.3								
SIM			Sgm	18	17	4.3	0.33		0.776		10.1			MSH=3.5
SIM			Sgm	18	17	4.5	0.35	0.794				140	10.0	MD=3.4, Mc=3.2
DNZ2	150	0	-iPg	18	16	53.4		-	+	-				$\alpha=170^\circ$
DNZ2			Pgm	18	16	53.7	0.12				0.147			
DNZ2			eSg	18	17	9.9								
DNZ2			Sgm	18	17	10.6	0.37		0.832					MSH=3.7
DNZ2			Sgm	18	17	14.8	0.27	0.862			10.7	160	10.4	MD=3.5
TARU	160	340	+iPg	18	16	54.0								
TARU			Pgm	18	16	54.9	0.10			0.131				
TARU			e(Sg)	18	17	12.8								
TARU			Sgm	18	17	13.0	0.51		0.853					MSH=4.1
TARU			Sgm	18	17	13.4	0.44	1.500			10.9	115	9.8	MD=3.3
SUDU	170	55	-iPg	18	16	54.7								
SUDU			Pgm	18	17	1.2	0.30			0.122				
SUDU			eSg	18	17	13.6								
SUDU			Sgm	18	17	14.8	0.37		0.334					MSH=3.4
SUDU			Sgm	18	17	16.4	0.49	0.497			9.9	120	9.9	MD=3.3
FEO	204	56	e(Pn)	18	16	59.7								
FEO			Pnm	18	17	6.5	0.19			0.057				
FEO			eSn	18	17	21.4								
FEO			Snm	18	17	24.7	0.33	0.172						
FEO			Snm	18	17	25.4	0.37		0.134					
CIDE	239	186	ePn	18	17	3.8								
CIDE			eSn	18	17	28.9								
OPUK	268	63	eSn	18	17	39.3								
OPUK			Snm	18	17	42.0	0.26	0.052						
OPUK			Snm	18	17	42.5	0.34		0.039		9.7			MSH=2.9
SUKR	345	74	ePn	18	17	16.2								
SUKR			eSn	18	17	50.4								
№ 54. 8 июня. Черное море, район 4														
$\theta=19ч\ 44мин\ 8.0с$, $\varphi=44.69^\circ N$, $\lambda=35.12^\circ E$, $h=28км$, $K_{\Pi}=6.3\pm 0.4(7)$, $KD=6.2(2)$														
SUDU	24	336	-iPg	19	44	14.3								
SUDU			Pgm	19	44	15.4	0.19			0.016				
SUDU			eSg	19	44	18.6								
SUDU			Sgm	19	44	18.7	0.16		0.030		6.1			
SUDU			Sgm	19	44	19.2	0.53	0.072				22	6.4	
ALU	57	270	Sgm				0.23	0.032						* Sg-Pg=7.5c
ALU			Sgm				0.43		0.063		6.7			

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL	80	254	e(Pg)	19	44	21.9								
YAL			Pgm	19	44	22.0	0.08			0.002				
YAL			eSg	19	44	31.9								
YAL			Sgm	19	44	32.0	0.10	0.004						
YAL			Sgm	19	44	32.0	0.27		0.010		6.3	14	6.0	
SIM	85	291	eSg	19	44	33.5								
SIM			Sgm	19	44	33.9	0.23	0.007			6.7			
SIM			Sgm	19	44	33.9	0.12		0.003					
OPUK	100	61	eSg	19	44	38.0								
OPUK			Sgm	19	44	38.1	0.23	0.011			6.6			
OPUK			Sgm	19	44	38.8	0.57		0.023					
SEV	115	263	eSg	19	44	42.7								
SEV			Sgm	19	44	43.1	0.29	0.001			5.6			
SEV			Sgm	19	44	46.6	0.38		0.002					
DNZ2	168	298	eSg	19	44	57.9								
DNZ2			Sgm	19	44	58.5	0.36		0.002		5.8			
DNZ2			Sgm	19	45	0.9	0.60	0.002						

№ 55. 18 июня. Крым, район 2 $\theta=11ч\ 33мин\ 5.1с$, $\varphi=44.56^{\circ}N$, $\lambda=34.19^{\circ}E$, $h=11км$, $K_{П}=5.2\pm 0.3(3)$, $KD=6.2(2)$

YAL	9	199	ePg	11	33	7.7								
YAL			Pgm	11	33	8.5	0.22			0.018				
YAL			eSg	11	33	9.5								
YAL			Sgm	11	33	9.7	0.15	0.027			5.0			
YAL			Sgm	11	33	10.2	0.19		0.028			10	5.3	
ALU	22	51	eSg	11	33	12.5								
ALU			Sgm	11	33	13.1	0.14	0.029			5.7			
ALU			Sgm	11	33	13.3	0.11		0.013					
SEV	41	268	ePg	11	33	12.4								
SEV			Pgm	11	33	13.0	0.20			0.002				
SEV			eSg	11	33	17.7								
SEV			Sgm	11	33	18.3	0.28		0.004					
SEV			Sgm	11	33	18.7	0.25	0.004			5.0	27	7.1	

№ 56. 29 июня. Черное море, район 9 $\theta=8ч\ 56мин\ 39.9с$, $\varphi=42.74^{\circ}N$, $\lambda=32.44^{\circ}E$, $h=18км$, $K_{П}=8.5\pm 0.2(5)$, $KD=9.4(2)$ $MSH=2.6(5)$, $MD=3.0(2)$

KURC	103	166	Pg	8	56	58.7								
KURC			Sg	8	57	11.5								
SEV	224	26	ePn	8	57	15.2								
SEV			Pnm	8	57	21.9	0.23			0.002				
SEV			eSn	8	57	38.2								
SEV			Snm	8	57	40.9	0.27	0.020						$MSH=2.4$
SEV			Snm	8	57	40.9	0.30		0.023		8.5	88	9.6	$MD=3.0$
YAL	239	35	eSn	8	57	43.0								
YAL			Snm	8	57	45.3	0.24		0.026		8.5			$MSH=2.4$
YAL			Snm	8	57	46.4	0.22	0.012						
SIM	280	28	e(Sn)	8	57	53.1								
SIM			Snm	8	57	54.6	0.36		0.018		8.1			$MSH=2.5$

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SIM			Snm	8	57	57.1	0.27	0.015						
DNZ2	299	12	eSn	8	57	55.4								
DNZ2			Snm	8	57	57.9	0.23		0.025					MSH=2.7
DNZ2			Snm	8	58	1.2	0.25	0.026			8.8			
SUDU	315	40	e(Pn)	8	57	26.7								
SUDU			Pnm	8	57	31.1	0.30			0.008				
SUDU			eSn	8	57	58.7								
SUDU			Snm	8	58	1.8	0.34		0.027		8.6			MSH=2.8
SUDU			Snm	8	58	2.7	0.31	0.026				83	9.1	MD=2.9

№ 57. 2 июля. Черное море, район 5

$t=14ч 26мин 9.3с$, $\varphi=44.64^{\circ}N$, $\lambda=36.94^{\circ}E$, $h=15км$, $K_{П}=7.3\pm 0.2(7)$

ANN	40	48	ePg	14	26	16.8								
ANN			Pgm	14	26	16.9	0.10			0.120				
ANN			eSg	14	26	21.9								
ANN			Sgm	14	26	23.0	0.20	0.218			7.5			
SUKR	42	65	ePg	14	26	17.5								
SUKR			eSg	14	26	23.1								
GLDR	72	58	ePg	14	26	21.7								
GLDR			eSg	14	26	30.9								
OPUK	76	312	eSg	14	26	35.4					7.6			
OPUK			Sgm	14	26	37.1	0.28	0.058						
OPUK			eSg	14	26	38.3	0.33		0.034					
KERU	83	333	+iPg	14	26	24.9								
KERU			Pgm	14	26	25.2	0.18			0.030				
SUDU	156	281	eSn	14	26	52.7								
SUDU			Snm	14	26	53.5	0.19	0.007			7.1			
SUDU			Snm	14	26	54.2	0.32		0.005					
YAL	221	267	eSn	14	27	6.6								
YAL			Snm	14	27	6.7	0.34		0.017		7.5			
YAL			Snm	14	27	8.9	0.19	0.006						
SEV	258	269	eSn	14	27	15.7								
SEV			Snm	14	27	16.0	0.42	0.004			6.8			
SEV			Snm	14	27	16.0	0.40		0.004					

№ 58. 4 июля. Черное море, район 5

$t=23ч 43мин 39.2с$, $\varphi=44.49^{\circ}N$, $\lambda=37.45^{\circ}E$, $h=13км$, $K_{П}=7.8\pm 0.6(10)$, $KD=8.5(4)$

SUKR	34	358	-iPg	23	43	45.6								
SUKR			eSg	23	43	49.9								
ANN	44	346	ePg	23	43	47.6								
ANN			Pgm	23	43	48.3								
ANN			eSg	23	43	53.3								
ANN			Sgm	23	43	54.3	0.40	2.311	1.890		9.2			
OPUK	117	306	e(Pg)	23	44	0.8								
OPUK			Pgm	23	44	2.6								
OPUK			eSg	23	44	15.1								
OPUK			Sgm	23	44	20.9	0.30		0.079		8.6			
OPUK			Sgm	23	44	21.0	0.39	0.150				68	8.7	
KERU	119	319	-iPg	23	44	2.5								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
KERU			Pgm	23	44	3.1	0.22			0.024				
KERU			e	23	44	21.1								
KERU			Sgm	23	44	22.7	0.29		0.027		7.4			
KERU			Sgm	23	44	23.3	0.25	0.022						
FEO	173	291	e(Sn)	23	44	27.3								
FEO			Snm	23	44	29.0	0.31	0.023			7.5			
FEO			Snm	23	44	29.5	0.28		0.012					
SUDU	199	284	e(Pn)	23	44	11.1				0.003				
SUDU			Pnm	23	44	15.5	0.19							
SUDU			eSn	23	44	31.7								
SUDU			Snm	23	44	32.0	0.28		0.008		7.2			
SUDU			Snm	23	44	32.3	0.58	0.021				62	8.4	*
ALU	242	276	Snm				0.22	0.005			7.4			
ALU			Snm				0.29		0.008					
YAL	261	271	eSn	23	44	45.9								
YAL			Snm	23	44	47.7	0.27	0.007			7.4			
YAL			Snm	23	44	48.1	0.29		0.012					
SIM	268	262	e(Sn)	23	44	46.7								
SIM			Snm	23	44	47.1	0.53		0.006					
SIM			Snm	23	44	49.7	0.49	0.009			7.4			
SEV	299	272	ePn	23	44	23.8								
SEV			Pnm	23	44	26.4	0.57			0.002				
SEV			eSn	23	44	54.6								
SEV			Snm	23	44	55.9	0.31	0.004			7.1			
SEV			Snm	23	44	58.9	0.27		0.003			58	8.8	
DNZ2	347	288	eSn	23	45	4.6								
DNZ2			Snm	23	45	7.3	0.30	0.004			7.4			
DNZ2			Snm	23	45	11.2	0.33		0.006					

№ 59. 4 июля. Черное море, район 5

$\theta=23^{\text{ч}} 47^{\text{мин}} 0.1^{\text{с}}$, $\varphi=44.51^{\circ}\text{N}$, $\lambda=37.44^{\circ}\text{E}$, $h=11\text{км}$, $K_{\text{П}}=7.1\pm 0.6(5)$, $KD=8.6(1)$

SUKR	33	359	ePg	23	47	5.8								
SUKR			e(Sg)	23	47	10.4								
ANN	43	347	ePg	23	47	8.0								
ANN			Pgm	23	47	8.3								
ANN			eSg	23	47	13.4								
ANN			Sgm	23	47	14.4	0.40	0.759			8.3			
ANN			Sgm	23	47	14.5	0.40		0.552					
OPUK	116	304	eSg	23	48	34.3								
OPUK			Sgm	23	48	40.1	0.30		0.024		7.4			
OPUK			Sgm	23	48	40.7	0.46	0.043						
SUDU	197	283	eSn	23	47	51.8								
SUDU			Snm	23	47	52.0	0.27		0.005		6.6			
SUDU			Snm	23	47	55.3	0.36	0.005						
YAL	260	271	eSn	23	48	6.7								
YAL			Snm	23	48	8.2	0.22	0.004			6.7			
YAL			Snm	23	48	8.3	0.26		0.003					
SEV	298	272	e(Pn)	23	47	43.5								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			eSn	23	48	15.0								
SEV			Snm	23	48	16.0	0.33	0.002			6.5			
SEV			Snm	23	48	17.1	0.18		0.001			51	8.6	
DNZ2	346	288	eSn	23	48	25.7								
DNZ2			Snm	23	48	26.1	0.23	0.001			6.6			
DNZ2			Snm	23	48	27.1	0.56		0.004					
№ 60. 14 июля. Черное море, район 5														
<i>0=23ч 12мин 56.5с, φ=44.57°N, λ=36.94°E, h=22км, K_П=6.6±0.3(8)</i>														
ANN	45	40	+iPg	23	13	5.4								
ANN			Pgm	23	13	5.6	0.50			0.017				
ANN			iSg	23	13	11.1								
ANN			Sgm	23	13	11.5	0.40	0.103			6.9			
ANN			Sgm	23	13	11.5								
SUKR	46	56	-iPg	23	13	5.8								
GLDR	77	53	-iPg	23	13	10.3								
SPGR	91	77	ePg	23	13	13.3								
SPGR			-iSg	23	13	25.1								
OPUK	82	318	e(Sg)	23	13	22.9								
OPUK			Sgm	23	13	25.4	0.28		0.047		7.4			
OPUK			Sgm	23	13	27.2	0.32	0.043						
KERU	91	335	eSg	23	13	27.1								
KERU			Sgm	23	13	27.6	0.55		0.011		6.3			
KERU			Sgm	23	13	30.3	0.44	0.008						
SUDU	158	284	eSn	23	13	38.3								
SUDU			Snm	23	13	38.6	0.31		0.003					
SUDU			Snm	23	13	39.0	0.39	0.007			6.2			
YAL	221	269	eSn	23	13	53.2								
YAL			Snm	23	13	54.6	0.22	0.004						
YAL			Snm	23	13	55.0	0.25		0.005		6.5			
SIM	227	282	eSn	23	13	54.2								
SIM			Snm	23	13	54.9	0.32		0.004		6.8			
SIM			Snm	23	13	59.1	0.42	0.005						
SEV	259	271	eSn	23	14	1.2								
SEV			Snm	23	14	3.5	0.33		0.002					
SEV			Snm	23	14	4.0	0.26	0.001			6.2			
DNZ2	307	288	eSn	23	14	11.0								
DNZ2			Snm	23	14	14.4	0.27	0.002						
DNZ2			Snm	23	14	14.7	0.26		0.003		6.8			

№ 61. 19 июля. Черное море, район 4

0=23ч 6мин 15.0с, φ=44.62°N, λ=35.70°E, h=18км, K_П=6.0±0.7(3), KD=7.2(2)

FEO	51	331	ePg	23	6	24.8								
FEO			Pgm	23	6	24.9	0.17			0.009				
FEO			eSg	23	6	31.6								
FEO			Sgm	23	6	32.0	0.25		0.005					
FEO			Sgm	23	6	32.1	0.14	0.003			5.0	20	7.2	
SUDU	63	299	ePg	23	6	27.0								
SUDU			Pgm	23	6	27.2	0.16			0.007				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			eSg	23	6	35.0								
SUDU			Sgm	23	6	35.6	0.25		0.014		6.2			
SUDU			Sgm	23	6	37.5	0.26	0.014				30	7.1	
ALU	103	274	eSg	23	6	46.6								
ALU			Sgm	23	6	46.8	0.30	0.007						
ALU			Sgm	23	6	47.3	0.20		0.011		6.8			
№ 62. 4 августа. Черное море, район 5														
<i>0=17ч 36мин 40.8с, φ=44.52°N, λ=37.77°E, h=23км, K_П=7.4±0.2(5)</i>														
SUKR	41	319	ePg	17	36	49.2								
SUKR			eSg	17	36	54.7								
ANN	54	318	ePg	17	36	51.1								
ANN			Pgm	17	36	51.4	0.10			0.033				
ANN			eSg	17	36	58.3								
ANN			Sgm	17	36	59.6	0.30	0.183			7.7			
SUDU	223	282	eSn	17	37	38.4								
SUDU			Snm	17	37	38.8	0.22		0.009					
SUDU			Snm	17	37	40.7	0.36	0.009			7.5			
YAL	287	271	e(Sn)	17	37	53.6								
YAL			Snm	17	37	53.7	0.11	0.003						
YAL			Snm	17	37	53.7	0.10		0.002		7.2			
SEV	324	272	eSn	17	38	0.5								
SEV			Snm	17	38	0.6	0.40		0.004					
SEV			Snm	17	38	3.2	0.33	0.003			7.1			
DNZ2	371	286	e(Sn)	17	38	11.4								
DNZ2			Snm	17	38	11.7	0.44	0.006						
DNZ2			Snm	17	38	14.2	0.35		0.005		7.4			
№ 63. 9 августа. Крым, район 2														
<i>0=9ч 6мин 33.9с, φ=44.53°N, λ=34.10°E, h=17км, K_П=7.7±0.4(6), KD=7.0(2)</i>														
YAL	7	139	-iPg	9	6	37.4		0	-	-				
YAL			Pgm	9	6	37.5	0.07			0.124				
YAL			eSg	9	6	39.7								
YAL			Sgm	9	6	39.8	0.12	0.389						
YAL			Sgm	9	6	39.9	0.12		0.507		8.1	20	6.7	
ALU	30	56	e(Pg)	9	6	39.8								
ALU			eSg	9	6	44.5								
ALU			Sgm	9	6	44.9	0.23	0.359			8.1			
ALU			Sgm	9	6	44.9	0.27		0.136					
SEV	33	274	-iPg	9	6	40.5		-	+	-				
SEV			Pgm	9	6	40.9	0.08			0.012				
SEV			eSg	9	6	45.2								
SEV			Sgm	9	6	46.6	0.17	0.032						
SEV			Sgm	9	6	46.6	0.11		0.024		7.0	27	7.3	
SIM	47	3	eSg	9	6	50.1								
SIM			Sgm	9	6	51.0	0.11		0.025		7.6			
SIM			Sgm	9	6	51.4	0.17	0.022						
SUDU	82	62	eSg	9	6	59.0								
SUDU			Sgm	9	7	1.7	0.36		0.027					

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Sgm	9	7	3.4	0.37	0.055			7.3			
DNZ2	117	325	eSg	9	7	10.0								
DNZ2			Sgm	9	7	10.6	0.30	0.041			7.8			
DNZ2			Sgm	9	7	10.6	0.18		0.021					
TARU	155	308	e(Sg)	9	7	20.2								
TARU			Sgm	9	7	22.0	0.28	0.003						
TARU			Sgm	9	7	22.5	0.29		0.004					

№ 64. 9 августа. Черное море, район 3

$\theta=13ч\ 56мин\ 19.0с$, $\varphi=44.66^{\circ}N$, $\lambda=34.70^{\circ}E$, $h=18км$, $K_{\Pi}=7.0\pm 0.3(6)$, $KD=7.2(3)$

ALU	24	277	ePg	13	56	24.3								
ALU			e	13	56	25.3								
ALU			Pgm	13	56	25.4	0.23			0.027				
ALU			eSg	13	56	28.1								
ALU			Sgm	13	56	28.4	0.28	0.259			7.1			
ALU			Sgm	13	56	28.4	0.39		0.260			27	6.9	
SUDU	35	44	-iPg	13	56	26.1								$\alpha=244^{\circ}$
SUDU			Pgm	13	56	27.5	0.13			0.036				
SUDU			eSg	13	56	30.9								
SUDU			Sgm	13	56	31.6	0.59		0.624		7.7			
SUDU			Sgm	13	56	32.5	0.50	0.212				30	7.1	
YAL	47	247	eSg	13	56	35.3								
YAL			Sgm	13	56	37.3	0.18	0.012						
YAL			Sgm	13	56	37.3	0.22		0.015		6.4			
SIM	56	306	eSg	13	56	37.3								
SIM			Sgm	13	56	39.6	0.37	0.024			6.8			
SIM			Sgm	13	56	39.6	0.34		0.028					
SEV	82	262	ePg	13	56	34.1								
SEV			Pgm	13	56	36.8	0.09			0.001				
SEV			eSg	13	56	44.6								
SEV			Sgm	13	56	46.0	0.21	0.006			6.8			
SEV			Sgm	13	56	46.6	0.19		0.005			31	7.5	
DNZ2	141	305	ePg	13	56	44.7								
DNZ2			Pgm	13	56	44.9	0.40			0.013				
DNZ2			eSg	13	57	2.5								
DNZ2			Sgm	13	57	2.8	0.31	0.006						
DNZ2			Sgm	13	57	4.0	0.42		0.015		6.9			
TARU	188	296	eSn	13	57	12.8								
TARU			Snm	13	57	14.3	0.46		0.003		5.8			
TARU			Snm	13	57	14.6	0.23	0.001						

№ 65. 9 августа. Черное море, район 1

$\theta=18ч\ 6мин\ 11.8с$, $\varphi=44.39^{\circ}N$, $\lambda=33.18^{\circ}E$, $h=21км$, $K_{\Pi}=6.4\pm 0.8(2)$, $KD=7.5(1)$

SEV	44	66	-iPg	18	6	20.5								
SEV			Pgm	18	6	21.9	0.10			0.002				
SEV			eSg	18	6	26.4								
SEV			Sgm	18	6	26.6	0.31	0.012			5.6			
SEV			Sgm	18	6	27.4	0.39		0.009			30	7.5	
DNZ2	110	2	e(Sg)	18	6	45.4								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DNZ2			Sgm	18	6	49.1	0.44	0.038			7.2			
DNZ2			Sgm	18	6	50.4	0.38		0.029					
TARU	120	335	e(Sg)	18	6	49.1								
TARU			Sgm	18	6	50.7	0.56	0.003			5.0			
TARU			Sgm	18	6	51.4	0.60		0.003					
№ 66. 9 августа. Черное море, район 1														
<i>0=18ч 8мин 4.5с, φ=44.41°N, λ=33.18°E, h=23км, K_П=8.7±0.5(7), KD=8.9(6)</i>														
<i>MSH=2.8(6), Mc=2.6</i>														
SEV	42	69	-iPg	18	8	12.7		-	-	-				α=254°
SEV			Pgm	18	8	15.5	0.10			0.035				
SEV			eSg	18	8	18.6								
SEV			Sgm	18	8	18.8	0.22	0.171			8.3			MD=2.9
SEV			Sgm	18	8	18.8	0.16		0.117			81	9.5	MSH=2.4
YAL	76	83	e(Pg)	18	8	18.4								
YAL			Pgm	18	8	21.2	0.22			0.017				
YAL			eSg	18	8	28.6								
YAL			Sgm	18	8	32.0	0.51	0.123			8.2			MSH=2.4
YAL			Sgm	18	8	32.1	0.25		0.071			60	8.8	MD=2.7
SIM	95	51	-iPg	18	8	21.4								α=210°
SIM			Pgm	18	8	22.6	0.24			0.051				
SIM			eSg	18	8	33.4								
SIM			Sgm	18	8	36.5	0.45		0.157		9.0			MSH=2.7
SIM			Sgm	18	8	37.1	0.26	0.090				80	8.9	MD=2.9
DNZ2	107	1	-ePg	18	8	23.7								
DNZ2			i	18	8	26.9								
DNZ2			Pgm	18	8	27.0	0.14			0.263				
DNZ2			eSg	18	8	37.5								
DNZ2			Sgm	18	8	40.9	0.15		0.121		9.6			MSH=3.4
DNZ2			Sgm	18	8	41.3	0.26	0.338				64	8.5	MD=2.7
TARU	118	335	+iPg	18	8	25.8								
TARU			Pgm	18	8	28.2	0.13			0.014				
TARU			eSg	18	8	41.3								
TARU			Sgm	18	8	43.8	0.18		0.023					
TARU			Sgm	18	8	45.8	0.17	0.026				65	8.6	MD=2.8
SUDU	153	69	ePg	18	8	29.8								
SUDU			Pgm	18	8	30.8	0.29			0.057				
SUDU			eSg	18	8	49.1								
SUDU			Sgm	18	8	53.3	0.38		0.142		9.1			MSH=3.0
SUDU			Sgm	18	8	54.7	0.38	0.099				74	8.9	MD=2.8
FEO	187	68	ePn	18	8	36.1								
FEO			Pnm	18	8	39.7	0.46			0.051				
FEO			eSn	18	8	59.5								
FEO			Snm	18	9	2.3	0.29		0.039					
FEO			Snm	18	9	8.2	0.31	0.060			8.8			MSH=2.7
BZK	280	168	P	18	8	46.8								
ANN	331	79	eP	18	8	52.2								
ANN			Pm	18	8	52.7	0.20			0.009				

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

ANN			eS	18	9	28.9								
ANN			Sm	18	9	29.2	0.60	0.013			8.1			
TIRR	379	274	P	18	8	56.9								
KIS	444	314	P	18	9	4.9								

№ 67. 9 августа. Черное море, район 1

$\theta=20\text{ч }0\text{мин }45.9\text{с}, \varphi=44.41^\circ\text{N}, \lambda=33.18^\circ\text{E}, h=23\text{км}, K_{\Pi}=5.9\pm 0.7(2), KD=7.1(1)$

SEV	42	69	-iPg	20	0	52.4								
SEV			Pgm	20	0	53.2	0.12			0.001				
SEV			eSg	20	0	58.3								
SEV			Sgm	20	0	58.4	0.49	0.012			5.2			
SEV			Sgm	20	0	59.3	0.39		0.006			24	7.1	
DNZ2	107	1	eSg	20	1	17.3								
DNZ2			Sgm	20	1	20.5	0.28	0.007			6.6			
DNZ2			Sgm	20	1	21.1	0.39		0.015					

№ 68. 10 августа. Черное море, район 1

$\theta=1\text{ч }57\text{мин }18.0\text{с}, \varphi=44.38^\circ\text{N}, \lambda=33.21^\circ\text{E}, h=26\text{км}, K_{\Pi}=7.2\pm 0.5(5), KD=7.7(5)$

SEV	42	64	-iPg	1	57	26.4								
SEV			Pgm	1	57	26.7	0.22			0.005				
SEV			eSg	1	57	32.3								
SEV			Sgm	1	57	32.6	0.47	0.063			6.7	39	8.1	
SEV			Sgm	1	57	33.3	0.39		0.028					
YAL	76	81	eSg	1	57	41.2								
YAL			Sgm	1	57	45.9	0.20	0.008			6.5			
YAL			Sgm	1	57	48.0	0.40		0.017					
SIM	96	48	ePg	1	57	35.2								
SIM			Pgm	1	57	38.0	0.23			0.007				
SIM			eSg	1	57	47.1								
SIM			Sgm	1	57	50.3	0.41		0.019		7.4			
SIM			Sgm	1	57	50.8	0.28	0.015				32	7.2	
DNZ2	110	0	ePg	1	57	37.6								
DNZ2			Pgm	1	57	38.0	0.13			0.009				
DNZ2			i	1	57	40.6								
DNZ2			eSg	1	57	51.4								
DNZ2			Sgm	1	57	54.6	0.29		0.037		8.0			
DNZ2			Sgm	1	57	55.1	0.41	0.086				46	7.8	
TARU	122	334	ePg	1	57	39.5								
TARU			Pgm	1	57	41.4	0.10			0.001				
TARU			eSg	1	57	53.9								
TARU			Sgm	1	57	56.1	0.10		0.001					
TARU			Sgm	1	57	56.4	0.16	0.003			6.1	40	7.6	
SUDU	152	68	ePg	1	57	44.0								
SUDU			Pgm	1	57	44.9	0.29			0.009				
SUDU			eSg	1	58	2.9								
SUDU			Sgm	1	58	7.4	0.36		0.019		7.3			
SUDU			Sgm	1	58	9.0	0.60	0.026				40	7.6	

№ 69. 11 сентября. Черное море, район 5

$\theta=6\text{ч }33\text{мин }11.2\text{с}, \varphi=44.71^\circ\text{N}, \lambda=36.81^\circ\text{E}, h=43\text{км}, K_{\Pi}=10.2\pm 0.4(11), KD=9.6(10)$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>MSH=3,5(11), MD=3,2(10)</i>														
ANN	44	64	-iPg	6	33	20.0								
ANN			Pgm	6	33	20.2	0.20			3.700				
ANN			iSg	6	33	26.8								
ANN			Sgm	6	33	28.4	0.16	4.700						
ANN			Sgm	6	33	28.4	0.36		5.300		10.2			<i>MSH=3.9</i>
SUKR	49	78	+iPg	6	33	20.3								
SUKR			eSg	6	33	27.2								
TMNR	49	357	e(Pg)	6	33	24.0								
GLDR	76	87	+ePg	6	33	25.1								
GLDR			eSg	6	33	36.2								
OPUK	64	337	+iPg	6	33	25.6								
OPUK			Pgm	6	33	25.8	0.19			0.181				
OPUK			e(Sg)	6	33	37.5								
OPUK			Sgm	6	33	40.1	0.34		0.167					<i>MSH=3.9</i>
OPUK			Sgm	6	33	40.3	0.38	3.700			10.6	75	8.9	<i>MD=2.9</i>
KERU	72	337	-iPg	6	33	27.7								
KERU			Pgm	6	33	33.0	0.26			0.758				
KERU			e(Sg)	6	33	42.9								
KERU			Sgm	6	33	44.2	0.43		0.715					<i>MSH=3.5</i>
KERU			Sgm	6	33	44.4	0.31	0.449			9.7	115	9.6	<i>MD=3.3</i>
FEO	117	287	ePg	6	33	29.7								
FEO			Pgm	6	33	31.8	0.25			0.121				
FEO			iSg	6	33	44.5								
FEO			Sgm	6	33	49.0	0.36		0.465		9.8			<i>MSH=3.5</i>
FEO			Sgm	6	33	49.6	0.41	0.724				85	9.2	<i>MD=3.0</i>
SUDU	145	278	ePg	6	33	33.4								
SUDU			-iPg	6	33	33.8								
SUDU			Pgm	6	33	37.3	0.22			0.058				
SUDU			eSg	6	33	50.9								
SUDU			Sgm	6	33	55.2	0.31	0.368						<i>MSH=3.5</i>
SUDU			Sgm	6	33	56.2	0.34		0.604		10.3	117	9.8	<i>MD=3.3</i>
ALU	191	270	Pnm				0.20			0.022				<i>* Sg-Pg=21.4c</i>
ALU			Snm				0.22	0.803			11.3			<i>MSH=3.8</i>
ALU			Snm				0.27		0.540			85	9.2	<i>MD=3.0</i>
GOYR	210	103	-ePn	6	33	41.6								
GOYR			e(Sn)	6	34	5.1								
YAL	212	264	-ePn	6	33	41.8								
YAL			Pnm	6	33	43.1	0.26			0.068				
YAL			ISn	6	34	5.1								
YAL			Snm	6	34	6.4	0.23	0.172						<i>MSH=3.2</i>
YAL			Snm	6	34	6.8	0.23		0.278		10.0	115	10.1	<i>MD=3.3</i>
SIM	214	278	-ePn	6	33	42.7								
SIM			Pnm	6	33	44.8	0.23			0.053				
SIM			iSn	6	34	6.4								
SIM			Snm	6	34	10.0	0.32	0.139			10.0			<i>MSH=3.3</i>
SIM			Snm	6	34	10.5	0.22		0.113			127	9.8	<i>MD=3.3</i>

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
MRNR	229	111	-ePn	6	33	43.1								
MRNR			e(Sn)	6	34	8.0								
SEV	249	267	-iPn	6	33	46.5								
SEV			Pnm	6	33	48.1	0.28			0.018				
SEV			iSn	6	34	13.4								
SEV			Snm	6	34	17.0	0.26		0.122					<i>MSH=3.2</i>
SEV			Snm	6	34	18.9	0.34	0.128			10.0	115	9.8	<i>MD=3.3</i>
GUZR	276	106	+ePn	6	33	49.2								
RPOR	297	111	e(Pn)	6	33	51.4								
DNZ2	292	286	-ePn	6	33	53.4								
DNZ2			Pnm	6	33	53.9	0.21			0.025				
DNZ2			eSn	6	34	25.1								
DNZ2			Snm	6	34	28.8	0.29	0.151						<i>MSH=3.6</i>
DNZ2			Snm	6	34	30.5	0.36		0.190		10.8	115	9.6	<i>MD=3.3</i>
TARU	334	284	ePn	6	33	59.4								
TARU			Pnm	6	34	2.7	0.23			0.003				
TARU			eSn	6	34	35.9								
TARU			Snm	6	34	40.0	0.33	0.033			9.0			<i>MSH=3.0</i>
TARU			Snm	6	34	40.2	0.27		0.011			115	9.6	<i>MD=3.3</i>

№ 70. 12 сентября. Черное море, район 2

θ=20ч 50мин 22.2с, φ=44.15°N, λ=34.41°E, h=32км, K_П=6.5±0.6(6), KD=7.8(4)

YAL	42	333	ePg	20	50	31.3								
YAL			Pgm	20	50	31.7	0.10			0.007				
YAL			eSg	20	50	37.7								
YAL			Sgm	20	50	38.9	0.23	0.058			7.2			
YAL			Sgm	20	50	39.0	0.20		0.055			35	7.8	
ALU	59	1	ePg	20	50	33.7								
ALU			eSg	20	50	41.6								
ALU			Sgm	20	50	43.3	0.33		0.029		7.3			
ALU			Sgm	20	50	43.6	0.33	0.075						
SEV	73	308	ePg	20	50	35.8								
SEV			Pgm	20	50	36.3	0.30			0.004				
SEV			eSg	20	50	45.2								
SEV			Sgm	20	50	46.9	0.14	0.003			6.2			
SEV			Sgm	20	50	47.4	0.15		0.004			35	7.8	
SUDU	94	30	ePg	20	50	39.1								
SUDU			Pgm	20	50	39.6	0.13			0.002				
SUDU			eSg	20	50	50.9								
SUDU			Sgm	20	50	52.5	0.31	0.006			5.8			
SUDU			Sgm	20	50	53.3	0.23		0.005			40	7.6	

№ 71. 12 сентября. Черное море, район 2

θ=21ч 39мин 15.3с, φ=44.16°N, λ=34.38°E, h=34км, K_П=6.3±0.6(4), KD=6.9(2)

YAL	41	335	ePg	21	39	23.8								
YAL			Pgm	21	39	24.8	0.12			0.003				
YAL			eSg	21	39	30.3								
YAL			Sgm	21	39	31.3	0.16		0.020					
YAL			Sgm	21	39	31.6	0.28	0.021			6.6	20	6.7	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU	58	3	eSg	21	39	34.9								
ALU			Sgm	21	39	36.8	0.17	0.016			6.8			
ALU			Sgm	21	39	37.0	0.16		0.010					
SEV	70	309	+iPg	21	39	28.4		+	-	+				$\alpha=128^\circ$
SEV			Pgm	21	39	28.9	0.29			0.003				
SEV			eSg	21	39	37.9								
SEV			Sgm	21	39	39.7	0.15	0.001						
SEV			Sgm	21	39	39.9	0.20		0.001		5.1	24	7.1	
SUDU	95	32	e(Sg)	21	39	44.1								
№ 72. 17 сентября. Черное море, район 5														
$\theta=16ч\ 50мин\ 31.8с$, $\varphi=44.69^\circ N$, $\lambda=37.50^\circ E$, $h=34км$, $K_{II}=9.5\pm 0.2(9)$, $KD=9.5(9)$														
$MSH=3.1(8)$, $MD=3.1(9)$														
SUKR	13	336	ePg	16	50	37.8								
SUKR			iSg	16	50	42.0								
ANN	26	327	-iPg	16	50	39.0								$I_{ANN}=2-3\ б$
ANN			Pgm	16	50	39.1	0.30			2,381				
ANN			iSg	16	50	43.8								
ANN			Sgm	16	50	43.9	0.20	13,725			9.6			
ANN			Sgm	16	50	44.2	0.10		9.100					
OPUK	110	296	e(Pg)	16	50	50.9								
OPUK			Pgm	16	50	53.8	0.22			0.334	80	9.0		$MD=2.9$
KERU	107	310	-ePg	16	50	51.9								
KERU			Pgm	16	50	52.9	0.38			0.085				
KERU			e(Sg)	16	51	5.0								
KERU			Sgm	16	51	9.7	0.23	0.096			9.3			$MSH=2.8$
KERU			Sgm	16	51	10.1	0.26		0.091		109	9.7		$MD=3.2$
FEO	170	283	ePn	16	50	56.5								
FEO			Pnm	16	50	57.4	0.20			0.026				
FEO			e(Sn)	16	51	16.0								
FEO			Snm	16	51	22.8	0.20	0.087						$MSH=2.8$
FEO			Snm	16	51	23.9	0.30		0.096		9.0	82	9.1	$MD=2.9$
MRNR	179	117	ePn	16	50	59.5								
MRNR			eSn	16	51	19.9								
SUDU	199	277	-iPn	16	51	1.2								
SUDU			Pnm	16	51	1.4	0.26			0.050				
SUDU			iSn	16	51	23.4								
SUDU			Snm	16	51	24.1	0.41		0.102					$MSH=3.1$
SUDU			Snm	16	51	25.3	0.35	0.181			9.6	110	9.7	$MD=3.2$
GUZR	222	209	ePn	16	51	4.6								
GUZR			e(Sn)	16	51	28.8								
ALU	245	271	iSn	16	51	31.7								
ALU			Snm	16	51	33.0	0.20	0.162			10.3			
ALU			Snm	16	51	36.0	0.29		0.159					
YAL	267	266	e(Pn)	16	51	10.0								
YAL			Pnm	16	51	13.6	0.24			0.014				
YAL			iSn	16	51	37.7								
YAL			Snm	16	51	39.4	0.25		0.106					$MSH=3.2$

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Snm	16	51	40.2	0.32	0.158			9.6	93	9.7	MD=3.0
SIM	268	277	-ePn	16	51	10.6								
SIM			Pnm	16	51	10.7	0.32			0.039				
SIM			eSn	16	51	38.8								
SIM			Snm	16	51	42.1	0.25		0.052					MSH=3.2
SIM			Snm	16	51	42.9	0.26	0.057			9.5	82	9.0	MD=2.9
SEV	303	268	-iPn	16	51	14.3								
SEV			Pnm	16	51	15.0	0.15			0.006				
SEV			eSn	16	51	45.9								
SEV			Snm	16	51	48.5	0.28		0.051		9.5			MSH=3.0
SEV			Snm	16	51	49.5	0.30	0.052				109	9.7	MD=3.2
DNZ2	345	284	-ePn	16	51	20.6								
DNZ2			Pnm	16	51	22.6	0.21			0.010				
DNZ2			iSn	16	51	56.6								
DNZ2			Snm	16	51	59.2	0.27		0.049		9.3			MSH=3.2
DNZ2			Snm	16	52	0.1	0.28	0.035				111	9.6	MD=3.2
TARU	397	283	ePn	16	51	26.5								
TARU			Pnm	16	51	27.8	0.18			0.001				
TARU			eSn	16	52	6.8								
TARU			Snm	16	52	12.0	0.26		0.004					MSH=2.5
TARU			Snm	16	52	13.1	0.22	0.007				127	9.8	MD=3.2

№ 73. 20 сентября. Черное море, район 2

$\theta=8ч\ 50мин\ 44.2с$, $\varphi=44.28^{\circ}N$, $\lambda=34.30^{\circ}E$, $h=19км$, $K_{П}=6.5\pm 0.4(4)$, $KD=6.9(2)$

YAL	25	333	ePg	8	50	50.4								
YAL			Pgm	8	50	51.1	0.13			0.010				
YAL			eSg	8	50	54.5								
YAL			Sgm	8	50	55.4	0.18		0.050		6.6			
YAL			Sgm	8	50	55.5	0.13	0.032				19	6.6	
ALU	45	10	eSg	8	50	59.7								
ALU			Sgm	8	51	0.0	0.22	0.055						
ALU			Sgm	8	51	0.1	0.22		0.024		7.0			
SEV	57	301	ePg	8	50	54.9								
SEV			Pgm	8	50	57.0	0.21			0.003				
SEV			eSg	8	51	2.5								
SEV			Sgm	8	51	3.3	0.26	0.005			5.7			
SIM	76	349	eSg	8	51	8.0								
SIM			Sgm	8	51	8.2	0.18		0.008		6.6			
SIM			Sgm	8	51	9.1	0.29	0.010						

№ 74. 23 сентября. Черное море, район 9

$\theta=14ч\ 17мин\ 39.2с$, $\varphi=42.21^{\circ}N$, $\lambda=34.36^{\circ}E$, $h=20км$, $K_{П}=8.9\pm 0.5(7)$, $KD=9.1(4)$
 $MSH=2.8(7)$, $MD=2.9(4)$

SINP	66	112	ePg	14	17	50.8								
SINP			eSg	14	17	58.7								
PELI	133	221	ePn	14	18	3.8								
YAL	254	356	e(Pn)	14	18	17.7								
YAL			Pnm	14	18	18.3	0.23			0.004				
YAL			eSn	14	18	44.9								

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
YAL			Snm	14	18	46.6	0.23	0.029						<i>MSH=2.7</i>
YAL			Snm	14	18	47.0	0.18		0.034		9.2	63	8.9	<i>MD=2.7</i>
SEV	266	348	ePn	14	18	19.8								
SEV			Pnm	14	18	29.2	0.13			0.002				
SEV			eSn	14	18	48.3								
SEV			Snm	14	18	49.8	0.31	0.011			8.2			<i>MSH=2.2</i>
SEV			Snm	14	18	50.8	0.27		0.009			83	9.1	<i>MD=2.9</i>
ALU	275	1	eSn	14	18	51.2								
ALU			Snm	14	18	52.3	0.23	0.119			10.0			<i>MSH=3.3</i>
ALU			Snm	14	18	52.4	0.27		0.056					
SUDU	303	10	eSn	14	18	54.8								
SUDU			Snm	14	18	58.0	0.25		0.015					
SUDU			Snm	14	18	58.6	0.22	0.022			8.8			<i>MSH=2.7</i>
SIM	306	356	eSn	14	18	57.1								
SIM			Snm	14	18	58.6	0.33	0.021			8.4			<i>MSH=2.7</i>
SIM			Snm	14	18	59.4	0.33		0.015					
FEO	324	15	eSn	14	19	2.0								
FEO			Snm	14	19	2.2	0.25	0.041			9.3			<i>MSH=3.0</i>
FEO			Snm	14	19	2.4	0.22		0.013					
DNZ2	364	345	ePn	14	18	33.2								
DNZ2			Pnm	14	18	33.6	0.21			0.005				
DNZ2			eSn	14	19	11.8								
DNZ2			Snm	14	19	13.7	0.25	0.010						<i>MSH=2.6</i>
DNZ2			Snm	14	19	16.8	0.31		0.012		8.3	91	9.2	<i>MD=3.0</i>
TARU	381	338	ePn	14	18	34.7								
TARU			Pnm	14	18	36.6	0.31			0.001				
TARU			eSn	14	19	14.1								
TARU			Snm	14	19	16.9	0.33		0.002		85	9.1		<i>MD=3.0</i>

№ 75. 27 сентября. Черное море, район 5 $\theta=8ч\ 26мин\ 46.5с$, $\varphi=44.63^{\circ}N$, $\lambda=37.32^{\circ}E$, $h=25км$, $K_{II}=7.8\pm 0.3(3)$,

SUKR	21	25	ePg	8	26	52.2								
SUKR			iSg	8	26	56.2								
ANN	28	0	-iPg	8	26	53.2								
ANN			Pgm	8	26	53.3	0.20			0.429				
ANN			iSg	8	26	57.6								
ANN			Sgm	8	26	58.3	0.40	0.924						
ANN			Sgm	8	26	58.3	0.30		1,056		8.3			
GLDR	51	39	+iPg	8	26	55.3								
GLDR			e(Sg)	8	27	0.7								
SUDU	185	280	iSn	8	27	35.5								
SUDU			Snm	8	27	38.7	0.22	0.013			7.6			
SUDU			Snm	8	27	40.3	0.25		0.009					
SEV	288	269	eSn	8	27	59.7								
SEV			Snm	8	28	1.3	0.22		0.003					
SEV			Snm	8	28	2.7	0.20	0.005			7.5			

№ 76. 3 октября. Черное море, район 5 $\theta=3ч\ 37мин\ 44.0с$, $\varphi=44.65^{\circ}N$, $\lambda=36.73^{\circ}E$, $h=6км$, $K_{II}=7.2\pm 0.3(8)$, $KD=7.5(2)$

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ANN	53	60	ePg	3	37	53.1								
ANN			Pgm	3	37	53.3	0.10			0.060				
ANN			eSg	3	37	59.3								
ANN			Sgm	3	37	59.6	0.50		0.112					
ANN			Sgm	3	37	59.6	0.30	0.189			7.4			
SUKR	58	73	+iPg	3	37	53.7								$\alpha=258^\circ$
SUKR			eSg	3	38	0.1								
GLDR	86	64	ePg	3	37	58.2								
GLDR			eSg	3	38	7.9								
SPGR	107	84	e(Pg)	3	38	1.3								
SPGR			eSg	3	38	13.5								
SUDU	140	282	ePg	3	38	8.2								
SUDU			Pgm	3	38	8.3	0.36			0.007				
SUDU			eSg	3	38	24.4								
SUDU			Sgm	3	38	24.7	0.59	0.017			6.8			
SUDU			Sgm	3	38	24.8	0.44		0.006			36	7.4	
ALU	184	272	eSn	3	38	35.0								
ALU			Snm	3	38	35.3	0.48		0.011		6.9			
ALU			Snm	3	38	35.6	0.39	0.007						
YAL	205	266	ePn	3	38	16.1								
YAL			Pnm	3	38	16.3	0.30			0.003				
YAL			eSn	3	38	39.2								
YAL			Snm	3	38	40.7	0.26	0.008						
YAL			Snm	3	38	40.7	0.23		0.010		7.2			
SEV	242	268	ePn	3	38	20.6								
SEV			Pnm	3	38	23.5	0.26			0.001				
SEV			eSn	3	38	47.5								
SEV			Snm	3	38	48.4	0.23		0.002		6.6			
SEV			Snm	3	38	49.6	0.38	0.002				32	7.6	

№ 77. 4 октября. Черное море, район 5

$\theta=23ч 35мин 49.6с$, $\varphi=44.61^\circ N$, $\lambda=36.73^\circ E$, $h=7км$, $K_{\Pi}=7.8\pm 0.1(7)$, $KD=8.2(5)$

ANN	55	57	+iPg	23	35	59.4								$\alpha=233^\circ$
ANN			eSg	23	36	5.7								
SUKR	59	69	ePg	23	35	59.9								
SUKR			eSg	23	36	6.7								
TMNR	62	4	+ePg	23	36	2.3								
KERU	80	345	-ePg	23	36	6.6								
KERU			Pgm	23	36	7.0	0.23			0.039				
KERU			e(Sg)	23	36	18.4								
KERU			Sgm	23	36	20.5	0.27		0.047		7.6			
KERU			Sgm	23	36	20.8	0.36	0.062				36	7.5	
SPGR	108	82	-ePg	23	36	7.6								
SPGR			e(Sg)	23	36	20.0								
SUDU	140	283	-iPn	23	36	13.6								
SUDU			Pnm	23	36	13.9	0.26			0.003				
SUDU			eSn	23	36	30.3								
SUDU			Snm	23	36	31.1	0.38	0.033			7.6			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU			Snm	23	36	31.2	0.40		0.015			54	8.2	
ALU	184	274	eSn	23	36	39.8								
ALU			Snm	23	36	39.9	0.34	0.022			7.8			
ALU			Snm	23	36	39.9	0.23		0.006					
YAL	204	267	ePn	23	36	22.3								
YAL			Pnm	23	36	22.6	0.29			0.007				
YAL			eSn	23	36	45.4								
YAL			Snm	23	36	47.0	0.24		0.026		8.0			
YAL			Snm	23	36	47.1	0.28	0.024				51	8.5	
SIM	209	282	-ePn	23	36	22.7								
SIM			Pnm	23	36	23.1	0.56			0.016				
SIM			eSn	23	36	46.3								
SIM			Snm	23	36	46.9	0.26	0.013			7.9			
SIM			Snm	23	36	46.9	0.23		0.008			48	7.9	
SEV	241	269	-iPn	23	36	26.6								
SEV			Pnm	23	36	28.0	0.28			0.003				
SEV			eSn	23	36	53.8								
SEV			Snm	23	36	54.3	0.32	0.006						
SEV			Snm	23	36	54.9	0.17		0.006		7.8	59	8.8	
DNZ2	289	288	ePn	23	36	33.0								
DNZ2			Pnm	23	36	34.0	0.46			0.005				
DNZ2			eSn	23	37	4.5								
DNZ2			Snm	23	37	4.6	0.31	0.006			7.9			
DNZ2			Snm	23	37	6.4	0.36		0.013					
TARU	340	286	ePn	23	36	39.2								
TARU			eSn	23	37	15.5								
TARU			Snm	23	37	18.2	0.20	0.001						

№ 78. 16 октября. Черное море, район 9

$0=0ч\ 58мин\ 37.2с$, $\varphi=42.77^{\circ}N$, $\lambda=35.50^{\circ}E$, $h=22км$, $K_{П}=7.0\pm 0.2(4)$, $KD=7.6(1)$

DIKM	126	189	e(Pg)	0	59	0.1								
DIKM			e(Sg)	0	59	15.7								
YAL	220	331	e(Sn)	0	59	36.4								
YAL			Snm	0	59	40.5	0.30		0.004		6.8			
YAL			Snm	0	59	41.6	0.24	0.004						
ALU	231	338	eSn	0	59	29.8								
ALU			Snm	0	59	30.9	0.23	0.014			9.0			
ALU			Snm	0	59	31.0	0.22		0.043					*
SUDU	239	350	e(Pn)	0	59	13.9								
SUDU			Pnm	0	59	14.9	0.23			0.002				
SUDU			eSn	0	59	39.5								
SUDU			Snm	0	59	41.0	0.28		0.008		7.3			
SUDU			Snm	0	59	41.8	0.30	0.008				40	7.6	
SEV	246	324	e(Sn)	0	59	40.8								
SEV			Snm	0	59	43.6	0.31		0.003		6.9			
SEV			Snm	0	59	44.8	0.45	0.004						
DNZ2	343	329	e(Sn)	1	0	2.2								
DNZ2			Snm	1	0	4.0	0.40	0.004						

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

DNZ2			Snm	1	0	4.4	0.34		0.003		6.9			
GUZR	397	68	e(Pn)	0	59	33.5								
GUZR			eSn	1	0	14.3								

№ 79. 18 октября. Черное море, район 1

0=21ч 49мин 22.2с, φ=44.36°N, λ=32.50°E, h=18км, K_П=6.2±0.4(2), KD=6.4(2)

SEV	96	77	e(Sg)	21	49	51.8								
SEV			Sgm	21	49	52.8	0.28	0.003			5.7			
SEV			Sgm	21	49	53.6	0.33		0.003					
TARU	113	1	e(Pg)	21	49	43.3								
TARU			Pgm	21	49	46.9	0.58			0.001				
TARU			eSg	21	49	57.6								
TARU			Sgm	21	50	1.9	0.34		0.001			21	6.4	
DNZ2	126	26	ePg	21	49	45.0								
DNZ2			Pgm	21	49	45.6	0.20			0.005				
DNZ2			eSg	21	50	0.6								
DNZ2			Sgm	21	50	3.1	0.24	0.008			6.6			
DNZ2			Sgm	21	50	3.1	0.28		0.007			21	6.4	

№ 80. 22 октября. Черное море, район 3

0=5ч 40мин 0.5с, φ=44.39°N, λ=34.55°E, h=34км, K_П=7.2±0.6(5), KD=6.9(4)

YAL	33	290	-ePg	5	40	8.4								
YAL			Pgm	5	40	8.5	0.12			0.056				
YAL			iSg	5	40	13.8								
YAL			Sgm	5	40	14.0	0.28	0.172			8.0			
YAL			Sgm	5	40	14.0	0.18		0.061			22	6.9	
ALU	35	341	e(Pg)	5	40	8.0								
ALU			Pgm	5	40	8.1	0.14			0.006				
ALU			iSg	5	40	13.2								
ALU			Sgm	5	40	13.5	0.25	0.256			7.7			
ALU			Sgm	5	40	13.5	0.31		0.151			20	6.2	
SUDU	66	32	(e)	5	40	13.2								
SUDU			eSg	5	40	22.0								
SUDU			Sgm	5	40	23.7	0.25	0.016			6.3			
SUDU			Sgm	5	40	24.2	0.19		0.011			28	6.9	
SEV	71	285	-ePg	5	40	13.1								
SEV			Pgm	5	40	14.2	0.19			0.002				
SEV			eSg	5	40	22.1								
SEV			Sgm	5	40	22.7	0.31	0.008			6.7			
SEV			Sgm	5	40	24.0	0.20		0.007			30	6.9	
SIM	71	331	e(Sg)	5	40	22.8								
SIM			Sgm	5	40	23.6	0.14		0.011					
SIM			Sgm	5	40	23.8	0.16	0.012				7.2		

№ 81. 2 ноября. Черное море, район 1

0=5ч 51мин 37.5с, φ=44.31°N, λ=32.29°E, h=24км, K_П=6.6±0.6(2), KD=7.1(2)

SEV	114	76	e(Pg)	5	51	57.7								
SEV			Pgm	5	51	57.8	0.21			0.001				
SEV			eSg	5	52	11.6								
SEV			Sgm	5	52	14.0	0.32	0.004				6.0		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			Sgm	5	52	14.1	0.45		0.004			30	7.5	
TARU	119	9	e(Sg)	5	52	14.1								
TARU			Sgm	5	52	19.5	0.13	0.001						
DNZ2	139	31	e(Pg)	5	52	2.5								
DNZ2			Pgm	5	52	2.6	0.13			0.007				
DNZ2			eSg	5	52	19.3								
DNZ2			Sgm	5	52	22.6	0.25	0.011			7.1			
DNZ2			Sgm	5	52	22.7	0.20		0.010			25	6.6	

№ 82. 3 ноября. Краснодарский край, район 5 $\theta=1ч\ 48мин\ 1.8с$, $\varphi=45.07^{\circ}N$, $\lambda=37.75^{\circ}E$, $h=20км$, $K_{II}=6.3\pm 0.1(4)$

GLDR	10	194	+iPg	1	48	6.3								
GLDR			eSg	1	48	9.3								
SUKR	39	220	-iPg	1	48	9.2								
SUKR			eSg	1	48	14.3								
ANN	40	239	ePg	1	48	10.3								
ANN			e(Sg)	1	48	15.6								
ANN			Sgm	1	48	16.3	0.30	0.040			6.1			
SPGR	44	145	-ePg	1	48	10.9								
SPGR			eSg	1	48	17.1								
SUDU	218	266	Snm				0.53	0.006			6.4			*
SUDU			Snm				0.25		0.002					
YAL	291	258	eSn	1	49	15.8								
YAL			Snm	1	49	16.5	0.22	0.001						
YAL			Snm	1	49	18.0	0.21		0.002		6.3			
SEV	326	261	eSn	1	49	23.5								
SEV			Snm	1	49	23.7	0.24	0.001						
SEV			Snm	1	49	27.3	0.36		0.001		6.3			

№ 83. 3 ноября. Краснодарский край, район 5 $\theta=4ч\ 9мин\ 40.5с$, $\varphi=45.07^{\circ}N$, $\lambda=37.78^{\circ}E$, $h=20км$, $K_{II}=6.8\pm 0.2(4)$

GLDR	10	205	+iPg	4	9	44.7								
GLDR			eSg	4	9	47.6								
SUKR	40	223	-iPg	4	9	47.6								
SUKR			eSg	4	9	52.8								
ANN	42	241	ePg	4	9	48.6								
ANN			eSg	4	9	54.2								
ANN			Sgm	4	9	55.2	0.10	0.059			6.6			
SPGR	43	147	-iPg	4	9	49.3								
SPGR			iSg	4	9	55.4								
SUDU	220	266	Snm				0.45	0.010			7.0			*
SUDU			Snm				0.53		0.008					
YAL	293	259	eSn	4	10	54.7								
YAL			Snm	4	10	56.0	0.33	0.004						
YAL			Snm	4	10	56.5	0.21		0.004		6.9			
SEV	328	261	eSn	4	11	3.0								
SEV			Snm	4	11	4.9	0.35		0.002		6.6			
SEV			Snm	4	11	6.8	0.30	0.001						

№ 84. 3 ноября. Черное море, район 1

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>0=14ч59мин 23.4с, φ=44.24°N, λ=33.10°E, h=30км, K_П=7.0±0.4(4), KD=7.7(1)</i>														
SEV	57	55	+iPg	14	59	34.3								α=266°
SEV			Pgm	14	59	35.1	0.07			0.002				
SEV			eSg	14	59	42.6								
SEV			Sgm	14	59	43.0	0.22	0.018						
SEV			Sgm	14	59	43.1	0.44		0.058		7.2	34	7.7	
YAL	88	73	e(Sg)	14	59	49.2								
YAL			Sgm	14	59	49.7	0.22	0.010						
YAL			Sgm	14	59	50.4	0.35		0.020		6.6			
SIM	112	47	ePg	14	59	42.0								
SIM			Pgm	14	59	42.4	0.06			0.007				
SIM			eSg	14	59	55.8								
SIM			Sgm	14	59	56.0	0.34	0.015			6.7			
SIM			Sgm	14	59	56.0	0.61		0.032					
DNZ2	126	4	eSg	15	0	0.3								
DNZ2			Sgm	15	0	0.6	0.25		0.022		7.6			
DNZ2			Sgm	15	0	3.3								
TARU	133	343	eSg	15	0	2.1								
SUDU	167	66	e(Sn)	15	0	8.4								
SUDU			Snm	15	0	10.8	0.32		0.009		6.8			
SUDU			Snm	15	0	13.7	0.33	0.008						

№ 85. 7 ноября. Черное море, район 5

0=18ч1мин 8.2с, φ=44.63°N, λ=37.46°E, h=27км, K_П=7.0±0.6(4)

SUKR	19	353	iPg	18	1	13.7								
SUKR			eSg	18	1	18.0								
ANN	30	338	-iPg	18	1	15.0								
ANN			Pgm	18	1	15.1	0.20			0.138				
ANN			eSg	18	1	19.8								
ANN			Sgm	18	1	19.9	0.20	0.539			7.9			
SPGR	50	76	+ePg	18	1	17.9								
SPGR			iSg	18	1	25.0								
SUDU	196	279	eSn	18	1	59.7								
SUDU			Snm	18	1	59.8	0.60		0.007					
SUDU			Snm	18	2	1.3	0.42	0.009			6.8			
ALU	241	272	eSn	18	2	8.9								
ALU			Snm	18	2	9.4	0.25		0.005		7.1			
SEV	299	270	eSn	18	2	23.1								
SEV			Snm	18	2	23.3	0.32		0.001					
SEV			Snm	18	2	24.9	0.30	0.001			6.0			

№ 86. 18 ноября. Черное море, район 9

0=9ч57мин 5.4с, φ=43.18°N, λ=35.53°E, h=25км, K_П=8.9±0.5(5), KD=8.8(4)

MSH=2.6(5), MD=2.7(4)

YAL	182	323	e(Pn)	9	57	33.7								
YAL			Pnm	9	57	35.0	0.18			0.006				
YAL			eSn	9	57	54.5								
YAL			Snm	9	57	56.3	0.25		0.035		8.5			MSH=2.4
YAL			Snm	9	57	58.0	0.25	0.030			52	8.8		MD=2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU	194	347	-ePn	9	57	34.0								
SUDU			Pnm	9	57	35.2	0.23			0.008				
SUDU			eSn	9	57	55.2								
SUDU			Snm	9	57	56.4	0.22		0.028					MSH=2.6
SUDU			Snm	9	57	58.9	0.39	0.053			8.4	72	8.8	MD=2.8
ALU	190	332	Pnm				0.22			0.011				*
ALU			Snm				0.23	0.339			10.5			MSH=3.4
ALU			Snm				0.23		0.127			66	8.7	MD=2.8
SEV	212	316	ePn	9	57	36.4								
SEV			Pnm	9	57	40.5	0.20			0.002				
SEV			e(Sn)	9	57	59.2								
SEV			Snm	9	57	59.8	0.25	0.019			8.5			MSH=2.5
SEV			Snm	9	58	2.2	0.22		0.014			67	9.0	MD=2.8
SEYI	225	221	iPn	9	57	38.4								
SEYI			iSn	9	58	2.7								
KAGI	242	201	iPn	9	57	41.1								
KAGI			iSn	9	58	7.4								
PELI	278	222	ePn	9	57	46.1								
PELI			eSn	9	58	16.1								
DNZ2	305	324	eSn	9	58	21.5								
DNZ2			Snm	9	58	22.6	0.20		0.009					
DNZ2			Snm	9	58	26.3	0.20	0.013			8.4			
BTIN	320	239	ePn	9	57	50.5								
BTIN			iSn	9	58	22.7								
TARU	342	317	eSn	9	58	29.3								
TARU			Snm	9	58	34.3	0.24	0.001						
TARU			Snm	9	58	35.3	0.27		0.001					

№ 87. 19 ноября. Крым, район 2

$$0=4ч51мин 11.7с, \varphi=44.48^{\circ}N, \lambda=34.11^{\circ}E, h=15км, K_{II}=6.4\pm 0.4(6), KD=6.4(2)$$

YAL	4	78	+iPg	4	51	14.7								
YAL			Pgm	4	51	15.7	0.11			0.042				
YAL			iSg	4	51	16.7								
YAL			Sgm	4	51	16.9	0.10		0.262		7.5			
YAL			Sgm	4	51	17.0	0.12	0.252				17	6.4	
ALU	32	47	Sgm				0.20		0.032					*
ALU			Sgm				0.16	0.049			6.7			
SEV	35	283	-iPg	4	51	18.3								
SEV			Pgm	4	51	18.6	0.09			0.003				
SEV			iSg	4	51	23.2								
SEV			Sgm	4	51	24.0	0.15	0.013			6.3			
SEV			Sgm	4	51	24.0	0.13		0.012			22	6.4	
SIM	52	2	eSg	4	51	27.6								
SIM			Sgm	4	51	27.7	0.30	0.011						
SIM			Sgm	4	51	27.8	0.28		0.012		6.2			
SUDU	84	58	e(Sg)	4	51	38.0								
SUDU			Sgm	4	51	40.5	0.27	0.005			5.6			
SUDU			Sgm	4	51	41.1	0.34		0.006					

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DNZ2	122	326	e(Sg)	4	51	47.4								
DNZ2			Sgm	4	51	50.2	0.23	0.005						
DNZ2			Sgm	4	51	50.5	0.39		0.007		6.3			
№ 88. 24 ноября. Черное море, район 4														
$\theta=10ч39мин 26.1с, \varphi=44.07^{\circ}N, \lambda=35.04^{\circ}E, h=8км, K_{П}=9.1\pm 0.6(6), KD=8.6(2)$														
$MSH=2.7(6), MD=2.6(4)$														
YAL	84	304	-ePg	10	39	41.7								
YAL			Pgm	10	39	41.8	0.13			0.038				
YAL			iSg	10	39	52.5								
YAL			Sgm	10	39	53.5	0.19	0.269						$MSH=2.8$
YAL			Sgm	10	39	53.9	0.18		0.279		9.6	50	8.5	$MD=2.5$
ALU	85	323	Pgm				0.25			0.105				*
ALU			Sgm				0.22	1.100			10.3			$MSH=3.4$
ALU			Sgm				0.30		0.747			38	7.6	$MD=2.3$
FEO	109	15	-ePg	10	39	45.6								
FEO			Pgm	10	39	45.7	0.11			0.060				
FEO			eSg	10	39	58.8								
FEO			Sgm	10	39	59.6	0.23	0.074						$MSH=2.5$
FEO			Sgm	10	39	59.8	0.23		0.116		8.8	44	8.7	$MD=2.4$
SIM	122	323	ePg	10	39	46.4								
SIM			Pgm	10	39	46.8	0.17			0.026				
SIM			iSg	10	40	0.3								
SIM			Sgm	10	40	0.4	0.19		0.035					$MSH=2.2$
SIM			Sgm	10	40	1.8	0.140.046				8.4	65	8.6	$MD=2.7$
SEV	121	296	ePg	10	39	46.5								
SEV			Pgm	10	39	47.4	0.11			0.039				
SEV			iSg	10	40	0.8								
SEV			Sgm	10	40	2.8	0.22	0.062						$MSH=2.5$
SEV			Sgm	10	40	2.9	0.25		0.081		9.2	80	9.5	$MD=2.9$
DNZ2	205	316	iSn	10	40	20.9								
DNZ2			Snm	10	40	21.0	0.28	0.032						
DNZ2			Snm	10	40	21.2	0.33		0.032		8.4			$MSH=2.4$
TARU	245	307	e(Sn)	10	40	33.0								
TARU			Snm	10	40	33.5	0.45	0.005						
TARU			Snm	10	40	34.9	0.23		0.002					
№ 89. 3 декабря. Крым, район 3														
$\theta=13ч53мин 15.4с, \varphi=44.74^{\circ}N, \lambda=34.35^{\circ}E, h=15км, K_{П}=7.1\pm 0.3(4), KD=6.3(3)$														
ALU	8	147	+iPg	13	53	18.7		-	0	-				$\alpha=347^{\circ}$
ALU			Pgm	13	53	18.9	0.22			0.042				
ALU			eSg	13	53	21.0								
ALU			Sgm	13	53	22.6	0.31	1.000			7.3			
ALU			Sgm	13	53	22.9	0.23		0.170			18	6.0	
SIM	29	322	-iPg	13	53	21.6		-	+	-				$\alpha=151^{\circ}$
SIM			Pgm	13	53	21.7	0.07			0.025				
SIM			eSg	13	53	25.6								
SIM			Sgm	13	53	26.1	0.33	0.081			6.8			
SIM			Sgm	13	53	26.1	0.14		0.054			17	6.0	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SUDU	54	72	eSg	13	53	32.4								
SUDU			Sgm	13	53	34.5	0.29		0.037					
SUDU			Sgm	13	53	36.8	0.51	0.083			6.7			
SEV	57	248	+iPg	13	53	26.6								
SEV			Pgm	13	53	27.5	0.08			0.001				
SEV			eSg	13	53	34.1								
SEV			Sgm	13	53	34.9	0.20	0.022			7.4			
SEV			Sgm	13	53	35.5	0.33		0.024			23	7.0	
№ 90. 5 декабря. Черное море, район 1														
$\theta=0ч3мин 42.6с, \varphi=44.03^{\circ}N, \lambda=33.20^{\circ}E, h=20км, K_{\Pi}=5.2\pm 0.5(1), KD=6.1(1)$														
SEV	69	35	+ePg	0	3	54.7								$\alpha=216^{\circ}$
SEV			Pgm	0	3	55.2	0.10			0.002				
SEV			eSg	0	4	3.0								
SEV			Sgm	0	4	3.3	0.23	0.003			5.2			
SEV			Sgm	0	4	3.4	0.27		0.002			15	6.1	
№ 91. 5 декабря. Черное море, район 5														
$\theta=16ч40мин 45.3с, \varphi=44.65^{\circ}N, \lambda=37.18^{\circ}E, h=20км, K_{\Pi}=6.9\pm 0.5(4), KD=8.1(1)$														
SUKR	26	49	eSg	16	40	55.2								
ANN	28	22	ePg	16	40	51.6								
ANN			Pgm	16	40	51.6	0.10			0.104				
ANN			eSg	16	40	55.9								
ANN			Sgm	16	40	56.6	0.30	0.279			7.7			
ANN			Sgm	16	40	56.6	0.10		0.267					
SPGR	71	81	eSg	16	41	7.9								
SUDU	174	280	eSn	16	41	32.8								
SUDU			Snm	16	41	34.2	0.38	0.013			7.2			
SUDU			Snm	16	41	35.9	0.20		0.004					
YAL	240	267	eSn	16	41	48.0								
YAL			Snm	16	41	48.1	0.20		0.004		6.7			
YAL			Snm	16	41	49.1	0.31	0.005						
SEV	277	269	e(Pn)	16	41	26.1								
SEV			eSn	16	41	56.6								
SEV			Snm	16	41	57.7	0.24	0.001						
SEV			Snm	16	41	57.7	0.39		0.002		6.3	42	8.1	
№ 92. 9 декабря. Черное море, район 2														
$\theta=17ч 31мин 32.1с, \varphi=44.40^{\circ}N, \lambda=34.08^{\circ}E, h=10км, K_{\Pi}=5.4\pm 1.0(2), KD=5.1(2)$														
YAL	11	33	-iPg	17	31	35.6								
YAL			Pgm	17	31	35.9	0.04			0.005				
YAL			eSg	17	31	38.0								
YAL			Sgm	17	31	38.2	0.13		0.054					
YAL			Sgm	17	31	38.3	0.20	0.096			6.3	5	4.6	
SEV	36	298	-iPg	17	31	39.0								$\alpha=121^{\circ}$
SEV			Pgm	17	31	39.2	0.08			0.001				
SEV			eSg	17	31	43.9								
SEV			Sgm	17	31	44.3	0.31	0.003						
SEV			Sgm	17	31	45.1	0.30		0.003		4.4	11	5.5	
ALU	40	41	e(Sg)	17	31	45.6								

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

№ 93. 10 декабря. Черное море, район 2

0=5ч 33мин 14.5с, φ=44.50°N, λ=34.37°E, h=18км, K_П=7.3±0.5(5), KD=6.4(3)

YAL	17	267	-iPg	5	33	19.0								
YAL			Pgm	5	33	19.7	0.07			0.044				
YAL			iSg	5	33	22.2								
YAL			Sgm	5	33	22.5	0.19	0.113						
YAL			Sgm	5	33	22.5	0.10		0.146			7.6		
ALU	20	9	-ePg	5	33	19.2								
ALU			Pgm	5	33	19.4	0.33			0.013				
ALU			eSg	5	33	22.9								
ALU			Sgm	5	33	23.9	0.20	0.700				8.4		
ALU			Sgm	5	33	23.9	0.30		0.320				22	6.4
SEV	55	277	-iPg	5	33	24.8								
SEV			Pgm	5	33	25.8	0.09			0.002				
SEV			eSg	5	33	32.3								
SEV			Sgm	5	33	33.1	0.27	0.017						
SEV			Sgm	5	33	33.6	0.23		0.018			6.4	17	6.4
SIM	54	339	e(Sg)	5	33	33.0								
SIM			Sgm	5	33	34.0	0.51		0.034					
SIM			Sgm	5	33	34.6	0.40	0.030				6.9		
SUDU	66	50	-iPg	5	33	26.4								
SUDU			Pgm	5	33	26.8	0.16			0.011				
SUDU			eSg	5	33	35.3								
SUDU			Sgm	5	33	36.9	0.48	0.035						
SUDU			Sgm	5	33	36.9	0.18		0.019			6.8	21	6.3

№ 94. 10 декабря. Черное море, район 5

0=14ч 6мин 35.0с, φ=44.63°N, λ=36.72°E, h=7км, K_П=7.5±0.3(4)

ANN	56	55	ePg	14	6	44.7								
ANN			Pgm	14	6	45.0	0.10			0.031				
ANN			eSg	14	6	51.1								
ANN			Sgm	14	6	51.5	0.10	0.163	0.099			7.4		
SUKR	60	67	-iPg	14	6	45.1			-					
SUKR			eSg	14	6	52.0								
SUDU	141	284	eSg	14	7	15.4								
SUDU			Sgm	14	7	16.2	0.23		0.012			7.8		
SUDU			Sgm	14	7	18.9	0.23	0.025						
YAL	204	268	eSn	14	7	31.0								
YAL			Snm	14	7	31.1	0.20	0.012						
YAL			Snm	14	7	31.1	0.36		0.029			7.7		
SEV	242	270	eSn	14	7	38.0								
SEV			Snm	14	7	39.1	0.18		0.002					
SEV			Snm	14	7	39.2	0.13	0.002				7.1		

№ 95. 20 декабря. Черное море, район 3

0=17ч 16мин 26.5с, φ=44.61°N, λ=34.52°E, h=9км, K_П=7.4±0.3(8), KD=7.5(8)

ALU	10	311	+iPg	17	16	28.8								
ALU			Pgm	17	16	29.0	0.28			0.242				
ALU			iSg	17	16	30.6								

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ALU			Sgm	17	16	31.0	0.22	0.219			6.9			
ALU			Sgm	17	16	31.2	0.27		0.738			25	6.7	
YAL	29	245	-iPg	17	16	31.9								
YAL			Pgm	17	16	32.3	0.13			0.021				
YAL			iSg	17	16	35.7								
YAL			Sgm	17	16	35.8	0.18	0.095			7.7			
YAL			Sgm	17	16	35.8	0.20		0.147			33	7.6	
SIM	46	320	-iPg	17	16	34.2								
SIM			Pgm	17	16	34.7	0.22			0.032				
SIM			iSg	17	16	40.1								
SIM			Sgm	17	16	40.6	0.20		0.039		7.8			
SIM			Sgm	17	16	40.6	0.24	0.116				27	6.9	
SUDU	49	50	-iPg	17	16	34.7								
SUDU			Pgm	17	16	35.0	0.27			0.018				
SUDU			eSg	17	16	41.1								
SUDU			Sgm	17	16	43.1	0.30	0.157			7.6			
SUDU			Sgm	17	16	43.7	0.27		0.095			35	7.4	
SEV	61	264	-iPg	17	16	36.8								
SEV			Pgm	17	16	37.4	0.20			0.005				
SEV			eSg	17	16	44.5								
SEV			Sgm	17	16	45.8	0.21		0.019		7.3			
SEV			Sgm	17	16	46.5	0.22	0.016				55	8.3	
FEO	90	56	Pgm				0.22			0.022				* $Sg-Pg=11.3$
FEO			Sgm				0.27		0.029		7.3			
FEO			Sgm				0.30	0.030				29	7.0	
DNZ2	133	310	e(Pg)	17	16	48.5								
DNZ2			Pgm	17	16	49.8	0.23			0.007				
DNZ2			eSg	17	17	5.0								
DNZ2			Sgm	17	17	7.1	0.28	0.021			7.4			
DNZ2			Sgm	17	17	7.3	0.35		0.023			60	8.5	
TARU	171	299	e(Pn)	17	16	54.7								
TARU			Pnm	17	16	56.8	0.25			0.002				
TARU			eSn	17	17	15.7								
TARU			Snm	17	17	18.1	0.25	0.005			6.9			
TARU			Snm	17	17	19.3	0.26		0.007			37	7.5	
№ 96. 28 декабря. Черное море, район 2														
$\theta=5ч\ 46мин\ 57.4с$, $\varphi=44.23^{\circ}N$, $\lambda=34.32^{\circ}E$, $h=25км$, $K_{П}=7.2\pm 0.6(5)$, $KD=7.2(4)$														
YAL	32	336	-ePg	5	47	4.3								
YAL			Pgm	5	47	5.3	0.12			0.012				
YAL			iSg	5	47	9.1								
YAL			Sgm	5	47	9.7	0.16	0.099			7.5			
YAL			Sgm	5	47	10.2	0.19		0.110			24	7.0	
ALU	51	8	Pgm				0.17			0.006				* $Sg-Pg=0-7.4$
ALU			Sgm				0.25	0.240			8.4			
ALU			Sgm				0.45		0.124			26	6.8	*
SEV	62	305	+iPg	5	47	9.2								
SEV			Pgm	5	47	12.0	0.12			0.004				

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SEV			iSg	5	47	17.2								
SEV			Sgm	5	47	17.9	0.22	0.011						
SEV			Sgm	5	47	18.1	0.20		0.011		6.7	39	7.7	
SUDU	91	36	e(Pg)	5	47	13.7								
SUDU			Pgm	5	47	14.6	0.22			0.007				
SUDU			iSg	5	47	25.7								
SUDU			Sgm	5	47	26.0	0.31	0.018			6.7			
SUDU			Sgm	5	47	26.3	0.28		0.009			32	7.2	
DNZ2	154	326	eSn	5	47	43.0								
DNZ2			Snm	5	47	45.4	0.38		0.008					
DNZ2			Snm	5	47	45.9	0.26	0.007			6.8			

Список литературы

1. Требования к сейсмическим сетям и станциям, интегрируемым в Федеральную сеть сейсмических наблюдений. Обнинск: ФИЦ ГС РАН, 2017.
2. Peterson, J. R., 1993, Observation and modeling of seismic background noise, United States Geological Survey, Open – File Report, no. OF 93-0322, 94 p.
3. Калинюк И. В., Свидлова В. А., Бондарь М. Н. Сейсмичность Крыма в 2018 году // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2019. Том 5(71). №4. С. 7–75.
4. Байкал-8 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.expas-sib.com> (дата обращения 17.08.2017).
5. 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.
6. Свидлова В. А., Бондарь М. Н. Сейсмичность Крыма в 2020 году // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2021. Том 7(73). №4. С. 7–69.
7. 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.
8. Кульчицкий В. Е. Программа расчета координат гипоцентров землетрясений (ГИРО-08) // Сейсмологический бюллетень Украины за 2008 год. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2010. С. 28–33.
9. Кульчицкий В. Е. Новые годографы сейсмических волн Крымско-Черноморского региона // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Том 4(70). №4. С. 164–173
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. European-Mediterranean Seismological Center [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php> (дата обращения: 31.12.2018).
14. Медведев С. В., Шпонхойер В., Карник В. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с.
15. Пустовитенко Б. Г., Лушик А. В., Боборыкина О. В., Кульчицкий В. Е., Можжерина А. В., Насонкин В. А., Панков Ф. Н., Поречнова Е. И., Пустовитенко А. А., Тихоненков Э. П., Швырло Н. И. Мониторинг сейсмических процессов в Крымско-Черноморском регионе. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2014. 264 с.

SEISMICITY OF THE CRIMEA IN 2021

Svidlova V. A.¹, Bondar M. N.², Boyko V. A.³

^{1,2,3}*Institute of seismology and geodynamics V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation*

^{2,3}*Crimean Republican Center for Seismic and Landslide Hazard Assessment, technical inspection of construction objects, Simferopol, Russian Federation*

E-mail: epicrimea@mail.ru

In 2021, the monitoring of the seismic situation in the Crimean-Black Sea region was carried out by a network of ten seismic stations of the Institute of Seismology and Geodynamics: «Simferopol» (SIM), «Sevastopol» (SEV), «Yalta» (YAL), «Alushta» (ALU), «Sudak» (SUDU), «Feodosia» (FEO), «Tarkhankut» (TARU), «Donuzlav2» (DNZ 2), «Kerch» (KERU), «OPUK» (OPUK), located on the Crimean Peninsula. The new observation point «Opuk» began to work on May 19.

The existing network of stations provides, without gaps, registration of earthquakes with a magnitude of $M \geq 4.0$, and for the main seismically hazardous zones: Sevastopol, Yalta, Alushta, Sudak, Kerch Peninsula – with a magnitude of $M \geq 3.0$.

On the basis of the information obtained, a catalog of earthquakes with the main kinematic and dynamic parameters was compiled, an analysis was carried out and the features of seismicity of individual regions of the region were indicated.

The following parameters are given: basic information about seismic stations; map of representative earthquake registration, map of epicenters; tables and graphs of the distribution of the number of earthquakes and energy parameters by years and districts of the region.

It is shown that 2021 was characterized by weak seismic activity. In total, 96 earthquakes were localized during the year. The total released seismic energy $\sum E = 48.619 \cdot 10^9 J$ is ~5 times less than the annual energy of 2020 and ~32 times less than the average annual energy value for the previous 10-year observation period.

Most earthquakes in 2021 fall at the $M < 2$ level. Earthquakes with the maximum energy class $K_{II} = 10.2$, ($M = 3.5$) were not felt by people. Two earthquakes with $K_{II} = 9.1$ ($M = 2.7$) and $K_{II} = 9.5$ ($M = 3.1$) caused shaking in the settlements of the Caucasian coast with a maximum intensity of $I_{max} \sim 3-4$ points on the MSK64 scale. These shocks were implemented in the Kerch-Anapa district of the region. The earthquake on January 11 with $K_{II} = 8.8$ ($M = 2.9$), epicenter in the Yalta district of the region, was felt on the southern coast of Crimea with intensity $I_{max} \sim 2.5-3$ points.

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

References

1. Trebovaniya k sejsmicheskim setyam i stanciyam, integrirovannym v Federal'nyuyu set' sejsmicheskikh nablyudenij (Requirements for seismic networks and stations integrated into the Federal Seismic Observation Network). Obninsk: FIC GS RAN, 2017, 10 p. (in Russian).
2. Peterson, J. R., 1993, Observation and modeling of seismic background noise, United States Geological Survey, Open – File Report, no. OF 93-0322, 94 p.
3. Kalinyuk I. V., Svidlova V. A., Bondar' M. N. Sejsmichnost' Kryma v 2018 godu (Seismicity of Crimea 2018). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2019, Vol. 5(71), no. 4, pp. 7–75 (in Russian).
4. Bajkal-8 [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.expas-sib.com/> (data obrashcheniya 20.09.2021)
5. Pustovitenko B. G., Kul'chickij V. E. Ob energeticheskoy ocenke zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona (On the energy assessment of earthquakes in the Crimean-Black Sea region). Magnituda i energeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij, Vol. 2. 1974, Moscow: IFZ AN SSSR, pp. 113–125 (in Russian).
6. Svidlova V. A., Bondar' M. N. Sejsmichnost' Kryma v 2020 godu (Seismicity of Crimea 2020). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2021, Vol. 7(73), no. 4, pp. 7–69 (in Russian).
7. Krasilov S. A., Kolomic M. V., Akimov A. P. Organizaciya processa obrabotki cifrovyyh sejsmicheskikh dannyh s ispol'zovaniem programmnoy kompleksa WSG. Sovremennyye metody obrabotki i interpretacii sejsmologicheskikh dannyh (Organization of the digital seismic data processing process using the WSG software package. Modern methods of processing and interpretation of seismological data). Materials of the international seismological school dedicated to the 100th anniversary of the opening of the «Pulkovo» and «Yekaterinburg» seismic stations. Obninsk: GS RAN, 2006, pp. 77–83 (in Russian).
8. Kul'chickij V. E. Programma rascheta koordinat gipocentrov zemletryasenij (GIPO-08) (Program for calculating the coordinates of earthquake hypocenters (GIPO-08)). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2008 god. Sevastopol': NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2010, pp. 28–33 (in Russian).
9. Kul'chickij V. E. Novye godografyy sejsmicheskikh voln Krymsko-Chernomorskogo regiona (New travel time curves of seismic waves of the Crimean-Black Sea region). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2018. Vol. 4(70), no. 4, pp. 164–173 (in Russian).
10. Pustovitenko B. G. Opredelenie energii zemletryasenij Kryma po dlitel'nosti kolebanij (Determination of the energy of earthquakes in Crimea 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 ehnergeticheskikh klassov zemletryasenij po nablyudeniyam v Krymskom regione (Determination of the magnitudes and energy classes of earthquakes from observations in the Crimean region). Sejsmologicheskij byulleten' Zapadnoj territorial'noj zony ESSN SSSR (Krym–Karpaty za 1978–1979). Kiev: Naukova dumka, 1983, pp. 126–138 (in Russian).
12. Malamud A. S. Ispol'zovanie dlitel'nosti kolebanij dlya energeticheskoy klassifikacii zemletryasenij. Magnituda i energeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij. T. 2 (Using the duration of oscillations for the energy classification of earthquakes. Magnitude and energy classification of earthquakes. V. 2) Moscow: IFZ AN SSSR, 1974, pp. 180–192 (in Russian).
13. European-Mediterranean Seismological Center. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php> (data obrashcheniya: 31.12.2021).
14. Medvedev S. V., Shponhojer V., Karnik V. Shkala sejsmicheskoy intensivnosti MSK-64 (Seismic intensity scale MSK-64). Moscow: MGK AN SSSR, 1965, 11 p. (in Russian).
15. Pustovitenko B. G., Lushchik A. V., Boborykina O. V., Kul'chickij V. E., Mozhzherina A. V., Nasonkin V. A., Pankov F. N., Porechnova E. I., Pustovitenko A. A., Tihonenkov E. P., Shvyrlo N. I. Monitoring sejsmicheskikh processov v Krymsko-Chernomorskome regione (Monitoring of seismic processes in the Crimean Black Sea region). Sevastopol': NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2014, 264 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 15.09.2022

УДК 550.348.435

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

Пустовитенко Б. Г.¹, Эреджесов Э. Э.², Бондарь М. Н.³

^{1,2,3}ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», Симферополь, Республика Крым, Россия.

^{2,3}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 амплитудных и энергетических спектров объемных сейсмических волн землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2021 год в диапазоне энергетических классов $K_{\Pi}=7.0-10.2$. Для 12 землетрясений по амплитудным спектрам восстановлены динамических параметров очагов (M_0 , r_0 , $\Delta\sigma$, ε , $\eta\sigma$, $\Delta\sigma_r$, \bar{u} , E_0 и Mw) с использованием теоретической дислокационной модели Бруна (ω^{-2}). Основу определения динамических параметров очагов составили 116 амплитудных спектров по записям 8 региональных цифровых станций Крыма. Спектральные свойства очагов 8 землетрясений рассмотрены также по энергетическим спектрам записей на станции «Алушта». Дается анализ полученных результатов.

Ключевые слова: амплитудный спектр, модель Бруна, спектральная плотность, угловая частота, сейсмический момент, радиус круговой дислокации, сброшенное и кажущееся напряжения, подвижка по разрыву, радиационное трение, энергетический спектр.

ВВЕДЕНИЕ

В 2021 году в Крыму зарегистрировано 96 местных землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_{\Pi}=4.6-10.2$, из которых только 16 с $K_{\Pi} \geq 9.0$ относятся к представительным для всего региона. Для всех зарегистрированных землетрясений определены их основные параметры, но дополнительные параметры такие, как спектральные и динамические характеристики очагов стало возможным получить только для ограниченного из них числа в связи с жесткостью отбора исходных данных и сложностью интерпретации. Для исследования выбрано девять наиболее значимых представительных землетрясений в диапазоне $K_{\Pi}=8.7-10.2$ и три сравнительно слабых с $K_{\Pi}=7.0-7.4$, представляющих особый интерес, т. к. одно из них произошло в слабоизученном Северо-Западном районе и два – вблизи побережья Крыма. Как и в предыдущие годы [1, 2] спектральные свойства 8 землетрясений рассмотрены также по энергетическим спектрам объемных сейсмических волн, зарегистрированных на сейсмической станции «Алушта».

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для расчета амплитудных спектров Фурье и определения на их основе динамических параметров очагов землетрясений использованы записи волновых форм продольных и поперечных сейсмических волн, отвечающие критериям высокого качества: четкие (i) моменты вступления объемных волн, амплитуды полезного сигнала превышают фон помех в 2 и более раза. Примеры двух из 116 отобранных сейсмограмм даны на рис. 1.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

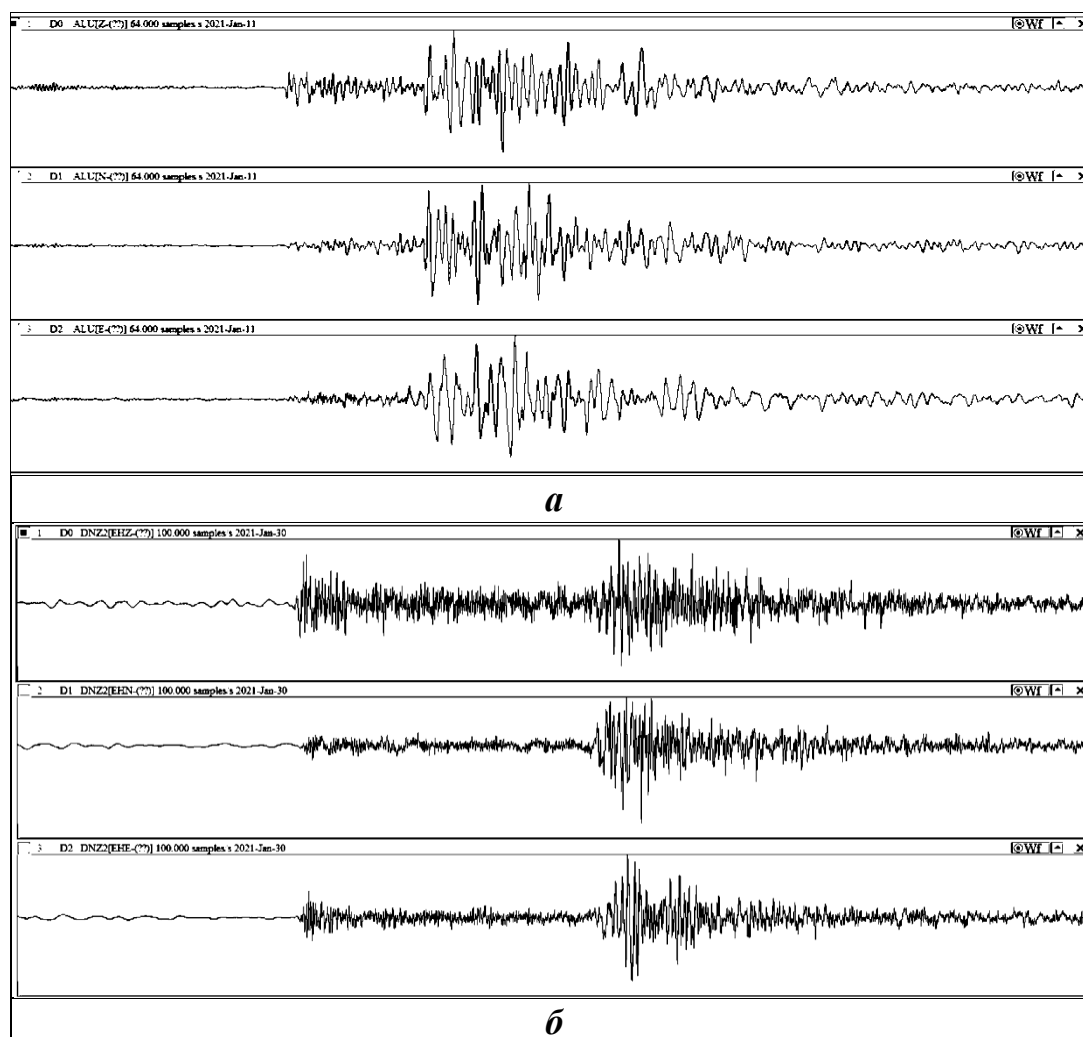


Рис. 1. Примеры записей землетрясений 2021 г.: а – 11 января с $K_{II} = 8.8$ (с/ст. «Алушта», $\Delta = 31$ км); б – 30 января с $K_{II} = 9.4$ (с/ст. «Донузлав», $\Delta = 134$ км). Компоненты сейсмограмм: Z, N-S, E-W расположены последовательно сверху вниз.

Основные параметры 12 землетрясений 2021 г., для которых исследованы спектральные и динамические параметры очагов приведены в таблице 1 по данным сводной обработки в Крыму. Пространственное распределение эпицентров изученных землетрясений показано на рис. 2.

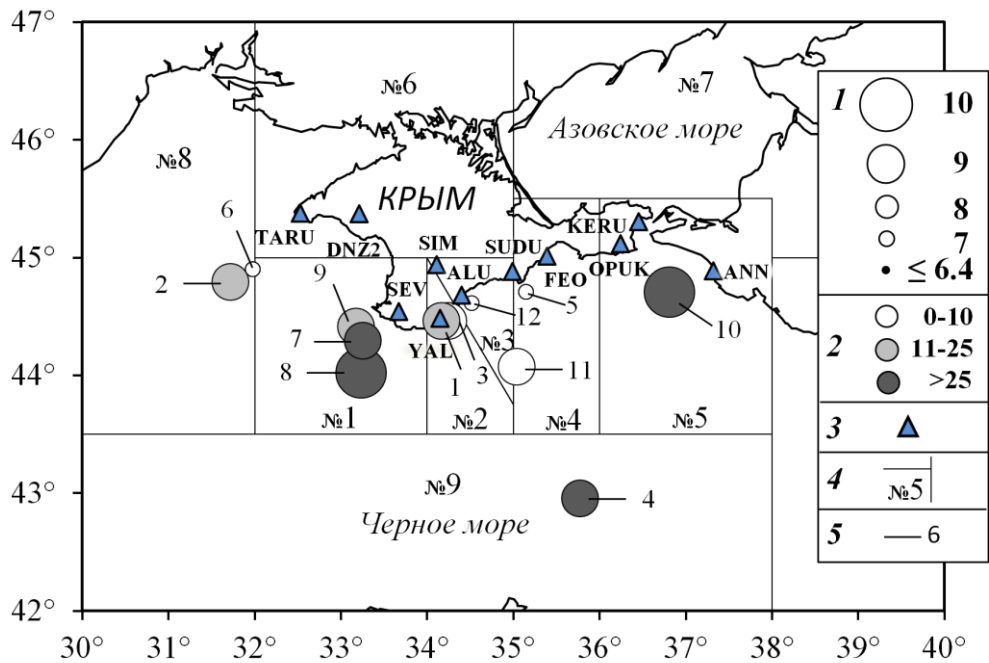


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2021 г., для которых восстановлены динамические параметры очагов: 1 — энергетический класс K_{II} [3]; 2 — глубина очага; 3 — сейсмические станции; 4 — граница районов; 5 — номера землетрясений в соответствии с табл. 1.

Большинство землетрясений произошло в верхней части земной коры вблизи побережья Крыма на глубинах от 8 до 28 км и только 2 из них — в переходной зоне кора-мантия (табл. 1).

Таблица 1.

Основные параметры землетрясений Крыма за 2021 год, для которых восстановлены динамические параметры очагов

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	Магнитуда			K_{II}	Район
			φ° , N	λ° , E		M_c	M_w/n , табл. 4	ML wsg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	11.01	20 23 53.1	44.46	34.17	12	2.4	2.8/9	2.9	8.8	ЯЛТИНСКИЙ (№ 2)
2	30.01	0 52 32.8	44.79	31.72	24		3.0/8	3.0	9.4	СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ (№ 8)
3	13.02	20 5 9.9	44.46	34.19	10		2.7/6	2.6	8.7	ЯЛТИНСКИЙ (№ 2)
4	15.03	7 30 1.9	42.95	35.78	23		3.3/2	2.9	9.1	ЧЕРНОМОРСКАЯ ВПАДИНА (№ 9)

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	24.03	6 54 59.9	44.71	35.15	28		2.6/2		7.1	СУДАКСКО-ФЕОДОСИЙСКИЙ (№ 4)
6	13.04	3 6 34.6	44.90	31.98	12		2.05/1		7.0	СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ (№ 8)
7	23.05	6 16 3.3	44.29	33.26	26	2.6	3.1/7	2.8	8.9	СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ (№ 1)
8	02.06	18 16 29.2	44.02	33.23	44	3.2	3.6/12	3.5	10.2	СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ (№ 1)
9	09.08	18 8 4.5	44.41	33.18	23	2.6	3.0/7	2.8	8.7	СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ (№ 1)
10	11.09	6 33 11.2	44.71	36.81	43		3.6/8	3.5	10.2	КЕРЧЕНСКО-АНАПСКИЙ (№ 5)
11	24.11	10 39 26.1	44.07	35.04	8		3.0/2	2.7	9.1	СУДАКСКО-ФЕОДОСИЙСКИЙ (№ 4)
12	20.12	17 16 26.5	44.61	34.52	9		2.4/7		7.4	АЛУШТИНСКИЙ (№ 3)

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

По записям объемных волн на восьми сейсмических станциях: «Алушта» (ALU), «Севастополь» (SEV), «Симферополь» (SIM), «Судак» (SUDU), «Ялта» (YAL), «Тарханкут» (TARU), «Донузлав-2» (DNZ2) и «Керчь» (KERU), рассчитано 116 амплитудных спектров: 26 для продольных (P) и 90 – поперечных (S) волн. Диапазон эпицентральных расстояний от очагов до станций регистрации составил $\Delta = 3 \div 225$ км с преобладанием $\Delta \leq 100$ км.

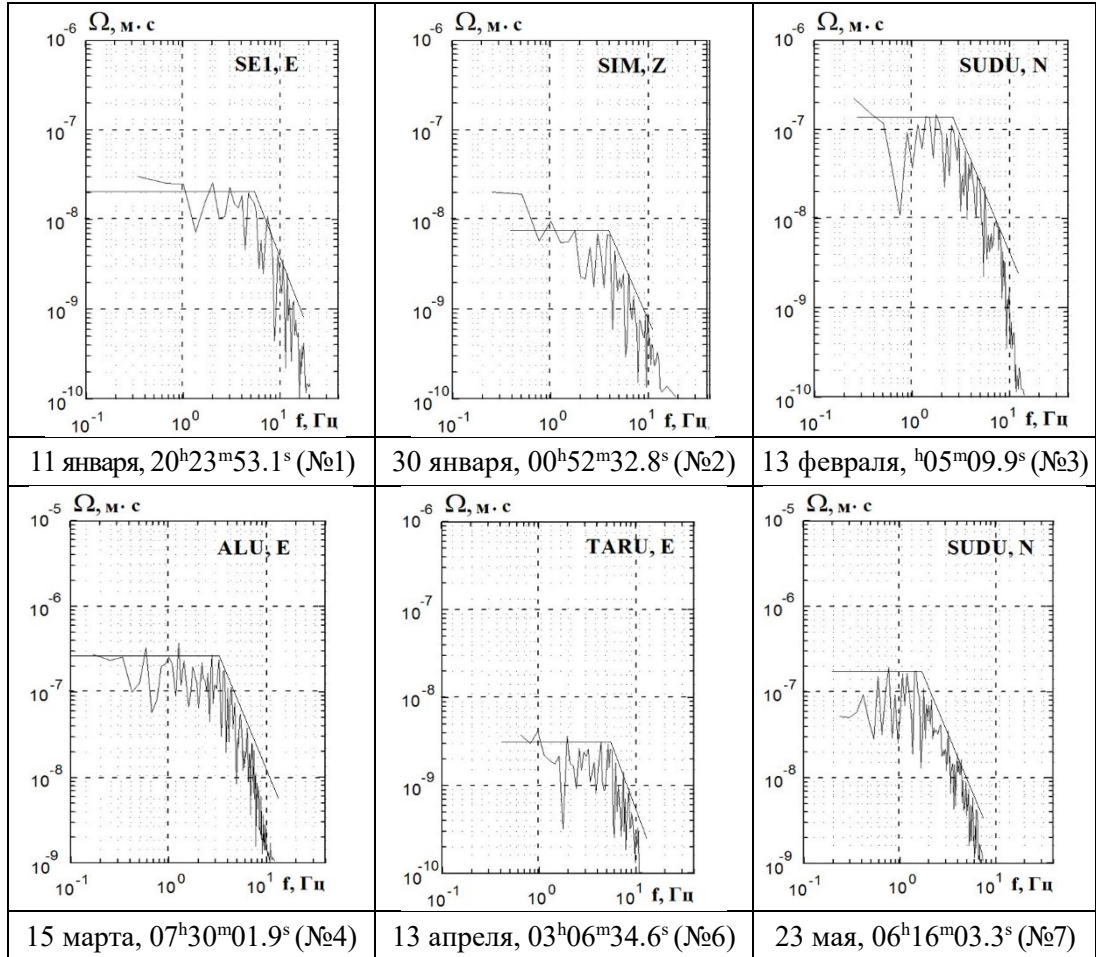
Как и в предыдущий год [2], активно для исследования привлекались записи на новых станциях «Тарханкут» и «Донузлав-2». Сейсмограммы станции «Керчь», оказались пригодными, т. е. соответствующими критериям высокого качества, только для одного наиболее сильного землетрясения с $K_T=10.2$, произошедшего 11.09.2021 г. в восточной части региона на расстоянии 72 км от эпицентра.

2. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АМПЛИТУДНЫХ СПЕКТРОВ

Методика расчета, обработки и интерпретации амплитудных спектров не изменились по сравнению с предыдущими годами [1, 2 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 (N+E), 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]. Спектры рассчитаны стандартным методом быстрого преобразования Фурье.

Интерпретация амплитудных спектров выполнена в рамках теоретической дислокационной модели Бруна (ω^{-2}) [5]. Все рассчитанные в 2021 г. спектры

объемных волн удовлетворительно аппроксимируются тремя основными параметрами: спектральной плотностью $\Omega_0(x, f)$ в длиннопериодной части (при $f \rightarrow 0$), угловой частотой $f_0(\omega_0)$ и углом наклона $\gamma \sim -2$, что соответствует модели (ω^{-2}) . Примеры амплитудных спектров P - и S -волн и их аппроксимация в рамках теоретической модели Бруна приведены на рис. 3.



СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

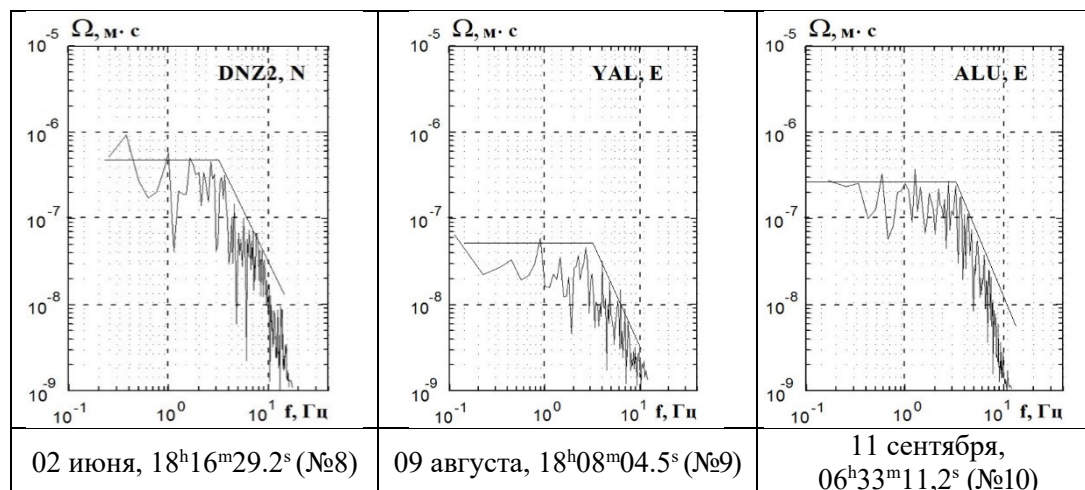


Рис. 3. Примеры амплитудных спектров P и S -волн землетрясений Крыма 2021 г.

3. ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ

Расчет динамических параметров очага: сейсмического момента M_0 , радиуса круговой дислокации r_0 , сброшенного напряжения $\Delta\sigma$, величины деформации сдвига ϵ , кажущегося напряжения $\eta\bar{\sigma}$, величины радиационного трения $\Delta\sigma_r$, средней подвижки по разрыву \bar{U} , энергии образования дислокации в очаге E_U и моментной магнитуды M_w выполнен по формулам, приведенным в [1] на основе работ [5–9].

Основными параметрами для расчетов явились две главные характеристики амплитудных спектров (рис. 3): спектральная плотность Ω_0 , которая пропорциональна скалярному сейсмическому моменту M_0 и угловая частота f_0 , прямо связанная с размером радиуса круговой дислокации r_0 .

Для половины землетрясений динамические параметры получены по группе независимых стационарных определений (табл. 2). Только для одного относительно слабого сейсмического толчка (№ 6), с энергетическим классом $K_{II} = 7.0$, произошедшего в северо-западной части Крыма (район № 8), динамические параметры рассчитаны по записям только S -волн на одной, ближайшей к очагу станции «Тарханкут», расположенной на эпицентральной расстоянии $\Delta = 68$ км.

Вычисление средних значений параметров (S) и стандартных отклонений (δS) выполнено по стационарным определениям с учетом логнормального закона распределения величин [4]. Средние значения радиационного трения $\Delta\sigma_r$ вычислялись по среднегеометрическим для данного очага напряжениям $\Delta\sigma$ и $\eta\bar{\sigma}$, поскольку стационарные значения получились знакопеременными. Среднее значение моментной магнитуды M_w определено как среднее арифметическое с соответствующей погрешностью.

Таблица 2.

Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма за 2021 год

Станция	Волна	Составляющая	Δ , км	$\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, м.с	$\Sigma \Omega_0 \cdot 10^{-6}$, м.с	f_0 , Гц	$M_0 \cdot 10^{13}$, Д.Д.	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	$E_r \cdot 10^8$, Дж	M_w^*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
№ 1. 11 января, $t_0=20$ ч 23 мин 53.1 с; $\varphi = 44.46^\circ$, $\lambda = 34.17^\circ$; $h = 12$ км; $K_{п} = 8.8$															
YAL	P	Z	3	0.1		5.6	2.22	0.4	1.53	5.09	0.15	4.8	-4.0	0.56	2.83
YAL	S	N+E	3		0.36	3.5	3.96	0.36	3.66	12.1	0.32	2.69	-0.86	2.45	3.0
ALU	P	Z	31	0.014		5.1	0.85	0.44	0.44	1.47	0.05	12.6	-12.4	0.06	2.55
ALU	S	N+E	31		0.36	3.5	3.96	0.36	3.66	12.2	0.32	2.69	-0.86	2.42	3.0
SEV	S	N+E	40		0.05	3.6	0.7	0.35	0.7	2.34	0.06	15.3	-14.9	0.08	2.5
SIM	P	Z	54	0.012		5.0	1.21	0.44	0.6	1.98	0.06	8.8	-8.5	0.12	2.66
SIM	S	N+E	54		0.06	3.3	1.1	0.38	0.85	2.84	0.08	9.68	-9.25	0.15	2.63
SUDU	P	Z	81	0.015		5.0	2.24	0.45	1.1	3.66	0.12	4.76	-4.21	0.41	2.84

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
SUDU	S	N+E	81		0.15	3.2	4.07	0.4	2.87	9.58	0.28	2.61	-1.18	1.95	3.01	
S - среднее значение								1.85	0.4	1.29	4.31	0.12	5.77	-5.13	0.39	2.78
δS-стандартное отклонение								0.1	0.01	0.12	0.12	0.11	0.1		0.22	0.19
№ 2. 30 января, $t_0=00$ч 52 мин 32.8 с; $\varphi = 44.79^\circ$, $\lambda = 31.72^\circ$; $h = 24$ км; $K_{п} = 9.4$																
TARU	S	N+E	91		0.075	3.0	2.37	0.42	1.38	4.59	0.14	16.2	-15.5	0.54	2.85	
ALU	S	N+E	212		0.12	2.85	8.49	0.44	4.24	14.1	0.46	4.5	-2.38	6.0	3.22	
DNZ2	P	Z	134	0.03		5.1	8.41	0.46	3.87	12.9	0.43	4.55	-2.61	5.41	3.22	
DNZ2	S	N+E	134		0.17	2.95	7.67	0.43	4.24	14.1	0.44	4.98	-2.86	5.42	3.19	
SEV	P	Z	157	0.03		5.2	0.98	0.45	0.48	1.59	0.05	39.1	-38.9	0.08	2.6	
SEV	S	N+E	157		0.03	3.0	1.57	0.42	0.91	3.05	0.094	24.3	-23.8	0.24	2.73	
SIM	P	Z	190	0.009		4.7	3.57	0.5	1.28	4.28	0.15	10.7	-10.1	0.76	2.97	
SIM	S	N+E	190		0.095	2.7	6.06	0.43	2.57	8.57	0.29	6.3	-5.02	2.6	3.12	
S - среднее значение								3.8	0.44	1.85	6.17	0.2	10.1	-9.18	1.17	2.99
δS-стандартное отклонение								0.13	0.01	0.12	0.12	0.13	0.13		0.25	0.24
№ 3. 13 февраля, $t_0=20$ ч 05 мин 09.9 с; $\varphi = 44.46^\circ$, $\lambda = 34.19^\circ$; $h = 10$ км; $K_{п} = 8.7$																
ALU	P	Z	30	0.01		5.5	0.56	0.41	0.37	1.23	0.036	18.2	-18.0	0.035	2.44	
ALU	S	N+E	30		0.5	3.2	5.13	0.40	3.63	0.12	0.35	2.0	-1.9	3.1	3.08	
SEV	S	N+E	42		0.07	3.25	1.0	0.39	0.74	2.47	0.07	10.3	-9.9	0.12	2.6	
SIM	S	N+E	55		0.06	3.2	1.12	0.40	0.79	2.64	0.08	9.16	-7.6	0.15	2.64	
SUDU	P	Z	80	0.01		5.1	1.49	0.44	0.78	2.59	0.082	6.89	-6.5	0.19	2.72	
SUDU	S	N+E	80		0.15	3.0	4.07	0.42	2.37	7.89	0.24	2.53	-1.34	1.61	3.01	
S - среднее значение								1.64	0.41	1.06	1.64	0.11	6.25	-5.72	0.29	2.7
δS-стандартное отклонение								0.15	0.01	0.15	0.25	0.15	0.15		0.3	0.2

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
№ 4. 15 марта, $t_0=07$ ч 30 мин 01.9 с; $\varphi = 42.95^\circ$, $\lambda = 35.78^\circ$; $h = 23$ км; $K_{\Pi} = 9.1$															
SUDU	S	N+E	225		0.13	2.95	9.77	0.43	5.41	0.18	0.56	2.17	0.53	8.81	3.26
ALU	S	N+E	222		0.22	2.85	16.3	0.44	8.13	0.27	0.87	1.3	2.76	22.1	3.41
S - среднее значение							12.6	0.44	6.63	0.22	0.7	1.68	1.64	13.95	3.33
δS-стандартное отклонение							0.11	0.005	0.09	0.09	0.1	0.11		0.2	0.1
№ 5. 24 марта, $t_0=06$ ч 54 мин 59.9 с; $\varphi = 44.71^\circ$, $\lambda = 35.15^\circ$; $h = 28$ км; $K_{\Pi} = 7.1$															
SUDU	S	N+E	23		0.09	4.5	1.18	0.30	1.94	6.48	0.14	0.4	0.56	0.38	2.65
TARU	S	N+E	218		0.075	4.8	0.65	0.28	1.3	4.35	0.09	0.73	-0.08	0.14	2.48
S - среднее значение							0.88	0.29	1.59	5.31	0.11	0.54	0.26	0.23	2.57
δS-стандартное отклонение							0.13	0.01	0.09	0.09	0.1	0.13		0.22	0.09
№ 6. 13 апреля, $t_0=03$ ч 06 мин 34.6 с; $\varphi = 44.90^\circ$, $\lambda = 31.98^\circ$; $h = 12$ км; $K_{\Pi} = 7.0$															
TARU	S	N+E	68		0.007	4.9	0.15	0.27	0.32	1.06	0.02	2.68	-2.52	0.008	2.05
№ 7. 23 мая, $t_0=06$ ч 16 мин 03.3 с; $\varphi = 44.29^\circ$, $\lambda = 33.26^\circ$; $h = 26$ км; $K_{\Pi} = 8.9$															
ALU	P	Z	101	0.009		4.7	1.95	0.5	0.7	2.34	0.08	7.72	-7.37	0.23	2.8
ALU	S	N+E	101		0.25	2.6	8.71	0.49	3.3	11.0	0.39	1.73	-0.08	4.79	3.23
TARU	P	Z	133	0.01		4.95	2.8	0.47	1.18	3.93	0.13	5.37	-4.78	0.55	2.9
TARU	S	N+E	133		0.15	2.9	8.03	0.43	3.56	0.12	0.4	1.87	-0.09	4.76	3.21
SUDU	P	Z	153	0.03		4.2	9.64	0.55	2.48	8.26	0.33	1.56	-0.32	3.98	3.26
SUDU	S	N+E	153		0.18	2.45	11.0	0.55	2.95	9.83	0.39	1.36	0.11	5.43	3.3
SIM	S	N+E	100		0.12	2.8	4.96	0.48	1.98	6.59	0.23	3.03	-2.04	1.64	3.07
S - среднее значение							5.72	0.49	2.03	3.5	0.24	2.63	-1.62	1.94	3.11
δS-стандартное отклонение							0.11	0.01	0.1	0.26	0.1	0.11		0.21	0.18
8. 02 июня, $t_0=18$ ч 16 мин 29.2 с; $\varphi = 44.02^\circ$, $\lambda = 33.23^\circ$; $h = 44$ км; $K_{\Pi} = 10.2$															
ALU	P	Z	119	0.01		4.1	8.37	0.75	0.87	1.45	0.08	41.7	-41.3	0.6	3.22
ALU	S	N+E	119		0.7	2.25	74.0	0.74	8.05	13.4	0.72	4.72	-0.7	49.7	3.88
SUDU	P	Z	170	0.03		4.0	34.2	0.77	3.3	5.51	0.31	10.2	-8.55	9.43	3.63
SUDU	S	N+E	170		0.36	2.15	64.9	0.77	6.16	10.3	0.58	5.38	-2.3	33.3	3.81
TARU	P	Z	160	0.06		4.1	51.0	0.75	5.3	8.84	0.48	6.85	-4.2	22.5	3.74
TARU	S	N+E	160		0.64	2.2	85.9	0.76	8.74	14.6	0.8	4.06	0.3	62.6	3.89
DNZ2	P	Z	150	0.06		4.2	49.2	0.73	5.6	9.17	0.49	7.09	-4.34	22.6	3.73
DNZ2	S	N+E	150		0.7	2.15	90.8	0.77	8.61	14.4	0.81	8.61	0.5	65.2	3.91
SEV	P	Z	68	0.03		4.3	12.9	0.71	1.55	2.58	0.13	27.0	-26.3	1.67	3.34
SEV	S	N+E	68		0.4	2.3	27.2	0.72	3.16	5.28	0.28	12.8	-11.2	7.17	3.56
YAL	P	Z	90	0.025		4.3	13.2	0.71	1.59	2.65	0.14	26.4	-25.6	1.75	3.35
YAL	S	N+E	90		0.18	3.3	1.51	0.5	5.17	8.61	0.31	23.2	-20.6	6.49	3.39
S - среднее значение							27.5	0.72	3.9	6.5	0.34	11.2	-9.25	10.8	3.62
δS-стандартное отклонение							0.15	0.01	0.09	0.09	0.1	0.1		0.19	0.18
№ 9. 09 августа, $t_0=18$ ч 08 мин 04.5 с; $\varphi = 44.41^\circ$, $\lambda = 33.18^\circ$; $h = 23$ км; $K_{\Pi} = 8.7$															
DNZ2	P	Z	107	0.02		4.35	4.46	0.54	1.27	4.25	0.16	2.38	-1.75	0.95	3.04
DNZ2	S	N+E	107		0.18	2.8	7.68	0.48	3.06	10.2	0.35	1.39	0.14	3.92	3.19
SIM	P	Z	95	0.015		4.6	3.01	0.51	1.02	3.38	0.12	3.54	-3.06	0.51	2.92

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
SIM	S	N+E	95		0.1	2.9	3.83	0.43	1.7	5.65	0.19	2.78	-19.3	1.08	2.99	
TARU	S	N+E	118		0.03	3.1	1.41	0.43	7.63	2.54	0.08	7.55	-7.1	0.18	2.7	
SEV	S	N+E	42		0.25	3.1	4.68	0.43	2.53	8.44	0.26	2.27	-1.01	1.97	3.05	
YAL	S	N+E	76		0.07	3.1	2.19	0.43	1.19	3.96	0.13	4.85	-4.26	0.43	2.83	
S - среднее значение								3.44	0.46	2.06	4.92	0.17	3.1	-2.07	0.85	2.96
δS -стандартное отклонение								0.09	0.02	0.12	0.08	0.08	0.09		0.17	0.11
№ 10. 11 сентября, $t_0=06$ ч 33 мин 11.2 с; $\varphi = 44.71^\circ$, $\lambda = 36.81^\circ$; $h = 43$ км; $K_{\Pi}=10.2$																
ALU	S	N+E	191		0.45	2.8	72.8	0.59	15.3	25.4	1.1	4.79	2.84	92.7	3.84	
KERU	P	Z	72	0.15		4.4	33.2	0.7	4.26	7.11	0.36	10.5	-8.39	11.8	3.62	
KERU	S	N+E	72		2.5	2.65	87.4	0.63	15.5	25.9	1.18	4.0	3.76	11.3	3.9	
SIM	P	Z	214	0.013		4.6	14.9	0.67	2.19	3.65	0.18	23.4	-22.3	2.75	3.39	
SIM	S	N+E	214		0.15	2.8	15.1	0.59	3.16	5.27	0.23	23.1	-21.5	3.98	3.39	
SUDU	P	Z	145	0.03		4.5	23.8	0.68	3.26	5.44	0.27	14.7	-13.1	6.46	3.52	
SUDU	S	N+E	145		0.42	2.5	52.5	0.66	7.84	13.1	0.63	6.65	-2.73	34.3	3.75	
YAL	S	N+E	212		0.15	2.65	26.9	0.63	4.78	7.93	0.36	13.0	-10.6	10.7	3.56	
S - среднее значение								33.5	0.64	5.51	9.19	0.43	10.4	-7.65	11.57	3.62
δS -стандартное отклонение								0.1	0.01	0.11	0.11	0.11	0.1		0.17	0.18
№ 11. 24 ноября, $t_0=10$ ч 39 мин 26.1 с; $\varphi = 44.07^\circ$, $\lambda = 35.04^\circ$; $h = 8$ км; $K_{\Pi}=9.1$																
ALU	S	N+E	85		0.3	3.0	8.47	0.42	4.93	16.4	0.5	2.6	-0.13	6.96	3.22	
YAL	S	N+E	84		0.05	3.5	1.39	0.36	1.29	4.29	0.11	15.8	-15.1	0.3	2.7	
S - среднее значение								3.43	0.39	2.52	8.39	0.23	6.4	-5.14	1.44	2.96
δS -стандартное отклонение								0.39	0.03	0.29	0.29	0.33	0.39		0.68	0.26
№ 12. 20 декабря, $t_0=17$ ч 16 мин 26.5 с; $\varphi = 44.61^\circ$, $\lambda = 34.52^\circ$; $h = 9$ км; $K_{\Pi}=7.4$																
SUDU	P	Z	49	0.009		6.0	0.82	0.37	0.7	2.3	0.06	1.05	-0.7	0.09	2.54	
SUDU	S	N+E	49		0.1	3.5	1.65	0.36	1.52	5.08	0.13	0.52	0.24	0.42	2.75	
YAL	P	Z	29	0.003		6.5	0.16	0.34	0.18	0.59	0.015	5.24	-5.15	0.005	2.08	
YAL	S	N+E	29		0.06	3.8	0.59	0.33	0.7	2.34	0.06	1.44	-1.09	0.07	2.45	
SIM	P	Z	46	0.005		6.2	0.43	0.36	0.4	1.35	0.035	1.97	-1.77	0.03	2.35	
SIM	S	N+E	46		0.04	3.85	0.63	0.33	0.78	2.59	0.06	1.36	0.97	0.08	2.47	
SEV	S	N+E	61		0.01	4.0	0.21	0.32	0.28	0.9	0.02	4.16	-4.02	0.001	2.14	
S - среднее значение								0.49	0.34	0.53	1.75	0.04	1.73	-1.47	0.03	2.4
δS -стандартное отклонение								0.13	0.01	0.12	0.12	0.12	0.13		0.33	0.15

Примечание: $\Sigma\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, м·с — спектральная плотность по полному вектору колебаний поперечной волны (N+E).

Наилучшая сходимость стационарных определений (табл. 2), как и в предыдущие годы [1, 2] получена для радиуса круговой дислокации, размеры которого в явном виде не зависят от направленности излучения энергии из очага. Степень рассеяния индивидуальных определений r_0 для большинства изученных землетрясений не превысила $\delta r_0 = 0.03$ даже для слабых толчков. Стандартные отклонения по другим параметрам для наиболее сильных землетрясений менее $\delta S < 0.3$. Наибольший разброс данных по стационарным определениям отмечен для величины энергии дислокации

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

E_U достигающий иногда более одного порядка, соответственно, стандартное отклонение δE_U для этого параметра получилось максимальным. Значения моментных магнитуд M_w определены с погрешностью в основном не выше ± 0.2 .

Радиационное трение $\Delta\sigma_r$ для большинства исследованных землетрясений имело отрицательное значение, связанное с неравномерным распределением прочностных свойств глубинной среды в очаговых зонах [8]. Во всем диапазоне энергий средняя величина сброшенных напряжений не превысила $\Delta\sigma = 6.6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (6.6 бар), а кажущихся напряжений $\eta\bar{\sigma} < 11 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (11 бар).

Разброс индивидуальных определений динамических параметров в основном связан с различной направленностью излучения сейсмической энергии из очага на станции регистрации $R_{\theta\phi}$, принятой нами при расчетах средней и одинаковой $R_{\theta\phi} = 0.4$ для всех землетрясений 2021 г., т. к. решения механизма очагов не получено. Кроме того, есть трудности корректного учета индивидуальных станционных особенностей записей сейсмических колебаний на станциях регистрации, расположенных в разных инженерно-геологических условиях и оснащенных различающейся сейсмической аппаратурой [10]. Так, динамические параметры, оцененные по записям станции SEV, в основном занижены по сравнению с другими станционными определениями. В связи с этим, для получения более надежных оценок очаговых параметров в данной работе привлекались для анализа записи максимально возможного числа сейсмических станций.

Проведем сравнение полученных в 2021 г. динамических параметров очагов землетрясений: сейсмического момента M_0 , радиуса круговой дислокации r_0 и сброшенного напряжения $\Delta\sigma$ со средними их долговременными величинами (рис. 4). Для сравнения использованы зависимости $M_0(K_{II})$, $r_0(K_{II})$ и $\lg \Delta\sigma(K_{II})$ из [11, 12].

$$\begin{aligned} \lg M_0 &= 0.645(\pm 0.027) \cdot K_{II} + 15.142(\pm 0.271), & \rho &= 0.99, \\ \lg r_0 &= 0.112(\pm 0.011) \cdot K_{II} - 1.293(\pm 0.107), & \rho &= 0.93, \\ \lg \Delta\sigma &= (0.42 \pm 0.01) \cdot K_{II} - (3.28 \pm 0.10), & \rho &= 0.9 \end{aligned}$$

где ρ — коэффициент корреляции.

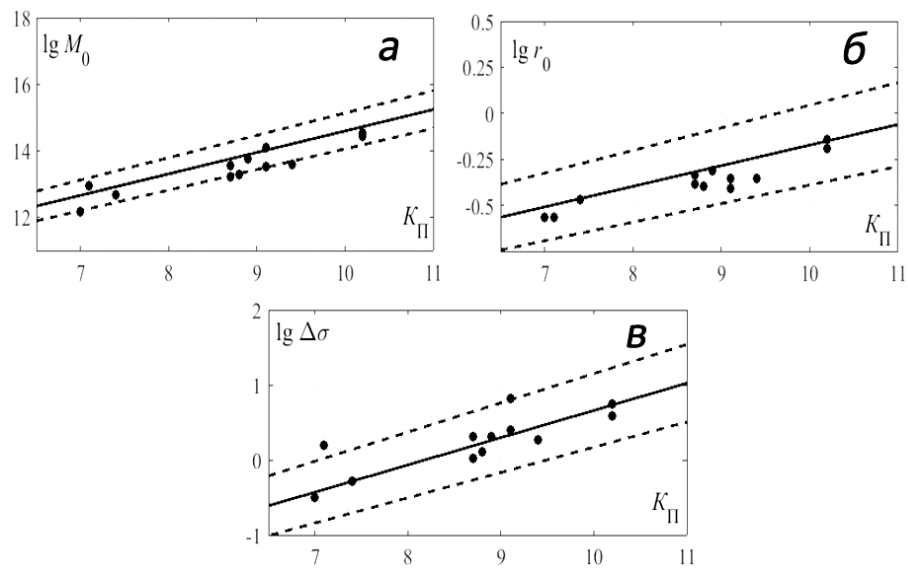


Рис. 4. Сравнение динамических параметров очагов землетрясений Крыма за 2021 г.: **a** — сейсмического момента M_0 , **б** — радиуса круговой дислокации r_0 и **в** — сброшенного напряжения $\Delta\sigma$ с долговременными зависимостями $M_0(K_{II})$, $r_0(K_{II})$ и $\Delta\sigma(K_{II})$ из [11, 12]. Пунктиром обозначены пределы погрешностей долговременных зависимостей.

Из рис. 4 видно, что преобладающее большинство значений M_0 , r_0 и $\Delta\sigma$ для очагов землетрясений за 2021 г. укладывается в диапазон доверительного интервала долговременных зависимостей $M_0(K_{II})$, $r_0(K_{II})$ и $\Delta\sigma(K_{II})$, полученных за длительный интервал времени. Наибольшее отличие сброшенных напряжений $\Delta\sigma$ от долговременных параметров получено для слабого землетрясения 24 марта (№ 5) с $K_{II} = 7.1$ из Судакско-Феодосийского района, очаговые параметры которого восстановлены по двум станциям: SUDU и ALU (S -волна) с хорошей внутренней сходимостью полученных станционных определений. Как показано в [4, 12], сброшенные напряжения существенно меняются как в пространстве, так и во времени при одном энергетическом уровне, так что данное отклонение можно отнести к пространственной особенности напряженно-деформированного состояния среды данной очаговой зоны.

5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Для построения энергетических спектров объемных сейсмических волн, отобраны записи восьми землетрясений (табл. 3), произошедших в основном в центральной зоне региона (районы №1–3) вблизи побережья Крыма. Как и в предыдущие годы [1, 2] использованы сейсмограммы стационарной станции «Алушта». В основном это сравнительно слабые землетрясения с энергетическим классом $K_{II} = 5.5 \div 8.7$ с эпицентрными расстояниями от 8 до 101 км до станции

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

регистрации.

Таблица 3.

Основные параметры землетрясений Крыма за 2021 год,
для которых рассчитаны энергетические спектры

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	$K_{П}$	Район
			φ° , N	λ° , E			
1	13.02	20 05 09.9	44.46	34.19	10	8.7	ЯЛТИНСКИЙ (№ 2)
2	19.04	23 53 40.4	44.57	34.49	21	6.9	АЛУШТИНСКИЙ (№ 3)
3	02.05	01 09 56.3	44.62	34.53	24	5.5	АЛУШТИНСКИЙ (№ 3)
4	02.05	18 13 05.7	44.64	34.51	20	6.3	АЛУШТИНСКИЙ (№ 3)
5	05.05	16 33 08.5	44.64	34.51	21	6.4	АЛУШТИНСКИЙ (№ 3)
6	09.08	13 56 19.0	44.66	34.70	18	7.0	АЛУШТИНСКИЙ (№ 3)
7	09.08	18 08 04.5	44.41	33.18	23	8.7	СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ (№ 1)
8	03.12	13 53 15.4	44.74	34.35	15	7.1	АЛУШТИНСКИЙ (№ 3)

Примечание. Параметры землетрясений даны по данным сводной обработки в Крыму.

Основой для расчета спектров энергии q сейсмических волн являлись их амплитудные спектры. Пересчет спектральной плотности амплитудного спектра в плотность энергетического спектра осуществлялся по формуле [4,13]:

$$q = \frac{2.3\rho c}{2\pi} \omega^3 \Omega^2(\omega)$$

где, ρ — плотность пород в окрестности очага, c — скорость распространения объемных волн (P или S), $\Omega(\omega)$ — модуль спектральной плотности, определенной из амплитудного спектра.

Большинство рассчитанных энергетических спектров имело характерную резонансную форму по всем компонентам записи с одним выраженным максимумом частот f_{qmax} , на которые приходится наибольшая доля плотности сейсмической энергии q_{max} (рис. 5).

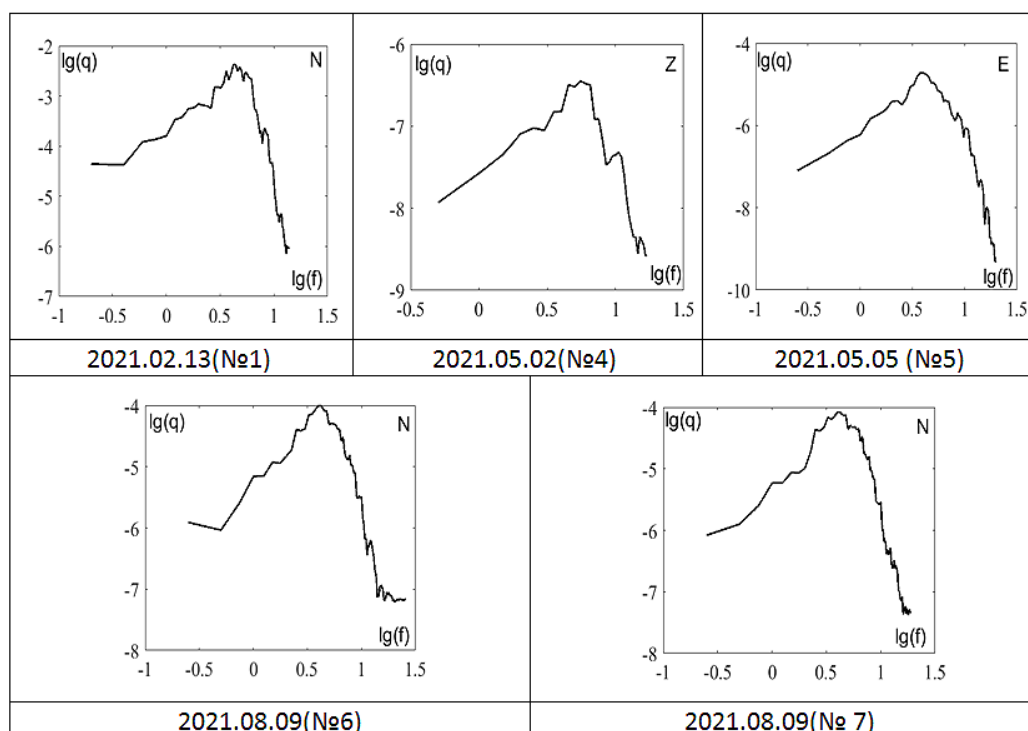


Рис.5. Примеры сглаженных энергетических спектров землетрясений Крыма 2021 г. по записям объемных сейсмических волн на станции «Алушта».

Для анализа использованы 2 главные характеристики спектров энергии: f_{qmax} , с максимальной плотностью энергии q_{max} и ширина максимума спектра δf_q на уровне 0.75 от максимального значения q_{max} в высокочастотной (f_{q1}) и низкочастотной (f_{q2}) части спектра: $\delta f_q = (f_{q1} - f_{q2})$. Результаты расчета f_{qmax} и δf_q по разным составляющим записи (Z, N, E,) представлены в таблице 4.

Таблица 4.
Спектральные характеристики энергетических спектров землетрясений 2021 г. по данным станции «Алушта»

№ земл. по табл. 3	$K_{П}$	Δ , км	$f_{qmax}, Гц$			$\delta f_q, Гц$		
			Z	N	E	Z	N	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8.7	30	7	4.21	2.8	4.6-8.5	3.4-6.31	2.2-4.21
2	6.9	14	6	4.5	3.8	3.53-8.5	3.5-5.6	2.7-5
3	5.5	12	5.1	4.6	4	3.5-7.9	2.95-7	2.8-6.2

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ
ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	6.3	10	6.55	4.5	3.76	4-8.57	3.51-7.27	3.26-5.27
5	6.4	10	5.54	4.81	4	4-6.9	3.4-7.2	3.2-5.8
6	7.0	101	5	4.3	4	4-6	3-5.27	2.5-7
7	8.7	23	5	4	3.76	4-6.4	3.26-5.27	2.5-4.3
8	7.1	8	6	3.4		4.5-7	2.9-3.9	

В работах [14, 15] имеющиеся энергетические спектры за период 2014–2020 гг. условно были разделены на 6 групп, отличающиеся эпицентрными расстояниями: 1 — (6±2) км; 2 — (23±7) км; 3 — (46±3) км; 4 — (85±15) км; 5 — (167±13) км; 6 — (243±22) км. Для наиболее многочисленной группы 2–(23±7) км получено корреляционное уравнение связи частоты спектра f_{qmax} и энергетического уровня (K_{II}) землетрясения:

$$Lg(f_{qmax}) = - (0.077 \pm 0.007) \cdot K_{II} + (1.11 \pm 0.05), \quad \rho = 0.92 \quad (1)$$

Уравнение (1) рассчитано между парами параметров: энергия землетрясения и частота колебаний при фиксированном эпицентральном расстоянии Δ . Вместе с тем, спектральный состав колебаний сейсмических волн меняется с ростом расстояния вследствие поглощения и рассеяния высоких частот в неоднородной среде. В связи с этим нами была сделана попытка получить предварительную корреляцию по трем парам параметров между f_{qmax} , K_{II} и Δ , используя имеющиеся данные по энергетическим спектрам во всем диапазоне эпицентральных расстояний и энергетических классов [15]. В результате получены уравнения: (2) – для поперечных S-волн и (3) – для продольных P-волн:

$$Lg(f_{qmax}) = - 0.02 \cdot K_{II} - 0.03 \cdot Lg \Delta + 0.95 \quad (2)$$

$$Lg(f_{qmax}) = - 0.02 \cdot K_{II} - 0.08 \cdot Lg \Delta + 0.82, \quad (3)$$

Энергетические спектры землетрясений 2021 г. под номерами №1 и №6 с эпицентральным расстоянием 30 км и 23 км попадают во вторую из отобранных групп очагов ($\Delta = 23 \pm 7$ км). Сравнение спектральных характеристик f_{qmax} для этих землетрясений по табл. 4. и рассчитанных по формуле (1), показало их соответствие.

Для других землетрясений 2021 г., не попадающих в данный диапазон эпицентральных расстояний, сравнение значений f_{qmax} с ранее полученными данными, выполнено по формулам 2 и 3. Также можно отметить хорошее согласие результатов сравнения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Специализированная база по динамическим параметрам очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона дополнена данными (N=71) стационарных определений для 12 местных землетрясений 2021 года в диапазоне энергетических

классов $K_{П}=7.0\div 10.2$, произошедших в различных районах региона на эпицентральных расстояниях от 3 км (станция YAL) до 225 км (станция SUDU). Средние значения динамических параметров очагов землетрясений 2021 г. в большинстве случаев оценены по нескольким станциям и по разным типам волн, что нивелировало станционные особенности и вариации в направленности излучения сейсмических волн на станции регистрации. В результате этого получена сравнительно малая величина стандартного отклонения индивидуальных оценок очаговых параметров и их соответствие средним долговременным зависимостям от энергетического уровня землетрясений.

Статистика по частотному составу сейсмических колебаний, несущих на себе максимальную сейсмическую энергию дополнена данными для восьми землетрясений в диапазоне $K_{П}= 5.5\div 8.7$ по энергетическим спектрам записей объемных волн на станции «Алушта». Новые определения спектральных параметров сейсмических волн не противоречат имеющимся данным за предшествующий период 2014–2020 гг. и будут использованы для уточнения их корреляционных зависимостей от энергетического уровня землетрясений и его эпицентрального расстояния до станций регистрации.

Список литературы

1. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э., Бондарь М. Н. Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2019 года // Ученые записки Крымского Федерального Университета им В. И. Вернадского. География. Геология. 2020. Том 6(72), №4. С. 66–84.
2. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э., Бондарь М. Н. Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2020 года // Ученые записки Крымского Федерального Университета им В. И. Вернадского. География. Геология. 2021. Том 7(73), №4. С. 70–86.
3. 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.
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, № 26, pp. 4997–5009.
6. 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, 1985. С. 60–70.
7. 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. № 2, 1989. С. 66–79.
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. №35, pp. 2348–2350.
10. Калинин И. В., Свидлова В.А., Бондарь М. Н. Сейсмичность Крыма в 2019 году // Ученые записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. 2020. Том 6(72). № 4. С. 7–66.
11. 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.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 2021 ГОДА

12. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Изучение напряжений и деформации в очаговых зонах землетрясений Крыма по спектрам записей сейсмических волн // Современная тектонофизика. Методы и результаты, 2019. С. 193–198.
13. Ризниченко Ю. В., Сейдузова С. С. Спектрально-временная характеристика сейсмической опасности. Москва: Наука, 1984. 180 с.
14. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Исследование спектральных свойств землетрясений Крыма по энергетическим спектрам // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Тезисы XV Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А. А. Маловичко. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. С.75.
15. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Спектральные свойства плотности энергии объемных сейсмических волн землетрясений Крыма по данным станции «Алушта» // Монография «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» / Под ред. И. А. Керимова, В. А. Широковой / М.: ИИЕТ РАН, 2022. С. 324–329.

SPECTRAL AND DYNAMIC PARAMETERS OF THE FOCI OF 2021 CRIMEAN EARTHQUAKES

Pustovitenko B. G.¹, Eredzhepov E. E.², Bondar M. N.³

^{1,2,3}Crimean Republican Center for Seismic and Landslide Hazard Assessment, Technical Inspection of Construction Facilities, Simferopol, Russian Federation

³Institute of seismology and geodynamics, V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Simferopol, Russian Federation

E-mail: bpustovitenko@mail.ru

The results of calculation and analysis of amplitude and energy spectra of volume seismic waves of earthquakes in the Crimean-Black Sea region for 2021 are presented. For 12 earthquakes in the range of energy classes $K_{II} = 7.0-10.2$, the dynamic parameters of the sources (M_0 , r_0 , $\Delta\sigma$, ε , $\eta\sigma$, $\Delta\sigma_r$, \bar{u} , Eu и M_W) were reconstructed from the amplitude spectra using Brun's theoretical dislocation model (ω^{-2}). The average values of the dynamic parameters of earthquake sources in 2021 were in most cases estimated for several stations and for different types of waves. This leveled the station features and variations in the direction of seismic wave radiation at the recording station. As a result, a relatively small standard deviation of individual estimates of source parameters and their correspondence to the average long-term dependences on the energy level of earthquakes were obtained.

Statistics on the frequency composition of seismic vibrations that carry the maximum seismic energy are supplemented with data for eight earthquakes in the range of $K_{II} = 5.5-8.7$ according to the energy spectra of body wave records at the «Alushta» station. New definitions of the spectral parameters of seismic wave energy do not contradict the available data for the previous period 2014–2020.

References

1. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E., Bondar' M. N. Spektral'nye i dinamicheskie parametry ochagov zemletryasenij Kryma 2019 goda (Spectral and dynamic parameters of the centers of Crimea earthquakes in 2019). Uchenye zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. V. 6 (72), no. 4, 2020, pp. 67–85 (in Russian).
2. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E., Bondar' M. N. Spektral'nye i dinamicheskie parametry ochagov zemletryasenij Kryma 2020 goda (Spectral and dynamic parameters of the centers of Crimea earthquakes in 2020). Uchenye zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. V. 7(73), no. 4, 2021, pp. 70–86 (in Russian).
3. Pustovitenko B. G., Kul'chickij V. E. Ob energeticheskoj ocenke zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona (On the energy assessment of earthquakes in the Crimean-Black Sea region).

- Magnituda i energeticheskaya klassifikaciya zemletryasenij. Moscow: IFZ AN SSSR. 1974. V. 2, pp. 113–125 (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.
 6. Aptekman Zh. Ya., Daragan S. K., Dolgoplov 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 dinamicheskikh parametrov ochagov zemletryasenij. Unifikaciya ishodnykh dannykh i procedury rascheta amplitudnykh 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 seismologiya*. 1985, no. 2, pp. 60–70 (in Russian).
 7. 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 dinamicheskikh parametrov ochagov zemletryasenij. Perehod ot stacionnogo spektra k ochagovomu i raschet dinamicheskikh 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 seismologiya*. 1989, no. 2, pp. 66–79 (in Russian).
 8. Kostrov B. V. *Mekhanika ochaga tektonicheskogo zemletryaseniya* (The mechanics of the source of a tectonic earthquake). Moscow: 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.
 10. Kalinyuk I. V., Svidlova V. A., Bondar' M. N. Seysmichnost' Kryma v 2019 g. (Seismicity of Crimea in 2019). *Uchenyye zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta im V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2020. V. 6(72), no. 4, pp. 7–66 (in Russian).
 11. Pustovitenko B. G., Pustovitenko A. A., Kapitanova S. A., Porechnova E. I. Prostranstvennyye osobennosti ochagovykh parametrov zemletryasenij Kryma (Spatial features of the focal parameters of Crimea earthquakes). *Seysmichnost' Severnoj Evrazii. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii*. Obninsk: GS RAN. 2008, pp. 238–242 (in Russian).
 12. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E. *Izucheniye napryazhenij i deformacii v ochagovykh zonah zemletryasenij Kryma po spektram zapisej seysmicheskikh voln* (The study of stress and strain in the source zones of earthquakes in the Crimea on the spectra of seismic wave records). *Sovremennaya tektonofizika. Metody i rezul'taty*. 2019, pp. 193–198 (in Russian).
 13. Riznichenko Yu. V., Sejduzova S. S. *Spektral'no-vremennaya harakteristika seysmicheskoy opasnosti* (Spectral-temporal characteristics of seismic hazard). Moscow: Nauka, 1984. 180 p. (in Russian).
 14. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E. *Issledovaniye spektral'nykh svoystv zemletryaseniy Kryma po energeticheskim spektram* (Investigation of the spectral properties of earthquakes in the Crimea on energy spectra). *Sovremennyye metody obrabotki i interpretacii seysmologicheskikh dannykh. Tezisy XV Mezhdunarodnoy seysmologicheskoy shkoly / Otv. red. A.A. Malovichko*. Obninsk: FITS YEGS RAN, 2021, 75 p. (in Russian).
 15. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E. *Spektral'nyye svoystva plotnosti energii ob'yemnykh seysmicheskikh voln zemletryaseniya Kryma po dannym stantsii «Alushta»* (Spectral Properties of the Energy Density of Volumetric Seismic Waves of Earthquakes in the Crimea According to the «Alushta» Station Data). *Monografiya «Sovremennyye problemy geologii, geofiziki i geoekologii Severnogo Kavkaza» / Pod red. I. A. Kerimova, V. A. Shirokovoy*. Moscow: IYET RAN, 2022, pp. 324–329 (in Russian).

Поступила в редакцию 12.09.2022 г.

УДК 550.348.096.64

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Вербицкий С. Т., Пронишин Р. С., Прокопишин В. И., Стецкив А. Т.,

Ницименко И. М., Келеман И. Н., Герасименюк Г. А.

Институт геофизики имени С. И. Субботина Национальной Академии наук Украины, г. Львов, Украина

E-mail: pronrom@gmail.com

Описаны особенности сейсмичности Карпатского региона в 2021 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 2021 году локализовано 60 землетрясений. Наибольшее число землетрясений зарегистрировано в горах Вранча (22) и в Закарпатье (19). В районе г. Чортков Тернопольской области 23 сентября зарегистрировано ощутимое землетрясение с интенсивностью в эпицентре более 5 баллов.

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

ВВЕДЕНИЕ

Карпатский регион разделен на восемь сейсмоактивных районов и включает в себя территорию Украины, Польши, Словакии, Венгрии, Румынии и Молдовы. 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: $45^{\circ}N-21^{\circ}E$, $50.5^{\circ}N-21^{\circ}E$, $50.5^{\circ}N-25^{\circ}E$, $45.5^{\circ}N-25^{\circ}E$, $49.5^{\circ}N-30^{\circ}E$, $44^{\circ}N-30^{\circ}E$, $44^{\circ}N-25^{\circ}E$, $45^{\circ}N-25^{\circ}E$.

1. СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЙ

В Карпатском регионе в 2021 году функционировала сейсмологическая сеть инструментальных наблюдений, состоящая из 23 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), «Любешка» (LUBU – Люб), «Бережаны» (BRZU – Брж) и Меджибиж (MDZU – Мдж). Станция «Бережаны» была открыта в августе 2021 года и

расположена в 50 км на юго-запад от г. Тернополь, а станция «Меджибиж» – в октябре 2021 и находится в 30 км на восток от г. Хмельницкий. 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.

Таблица 1.

Аппаратура и технические характеристики
цифровых сейсмических станций в 2021 году

№	Название станции (год открытия.)	h, м	Координаты		А п п а р а т у р а			
			φ°, N	λ°, E	Тип аппаратуры	Динамический диапазон	Частотный 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
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 КМРУ (2005)	121	48.563	26.460	DAS-05 СКД	120	0.02-15	–

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	Новоднестровск NDNU (2006)	242	48.595	27.366	DAS-04 CM-3KB	120	0.2-15	$3.04 \cdot 10^{-10}$
17	Сходница SHIU (2006)	600	49.225	23.359	DAS-05 CM-3	120	0.2-15	$6.98 \cdot 10^{-10}$
18	Старуна STNU (2007)	391	48.710	24.502	DAS-05 CM-3	120	0.2-15	–
19	Стужа STZU (2011)	385	49.016	22.623	DAS-05 CM-3KB	120	0.2-15	$1.84 \cdot 10^{-10}$
20	Холмец HOLU (2014)	134	48.527	22.384	DAS-05 CM-3KB	120	0.2-15	–
21	Любешка LUBU (2019)	355	49.599	24.378	DAS-05 CM-3KB	120	0.03-12	$1.84 \cdot 10^{-10}$
22	Бережаны BRZU (2021)	292	49.457	24.951	DAS-05 CM-3KB	120	0.03-12	$1.84 \cdot 10^{-10}$
23	Меджибиж MDZU (2021)	276	49.437	27.412	DAS-05 CM-3KB	120	0.03-12	$1.84 \cdot 10^{-10}$

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

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 ($0.5 \text{ Гц} - 15 \text{ Гц}$). 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*).

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:

$$ML = \lg(A_{z \max}) - \lg(A_0).$$

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

$$MSH = \lg A_s + 1.32 \cdot \lg(\Delta, \text{ км}) + 0.8$$

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

$$K_p = 1.8 \cdot MSH + 4.0.$$

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

$$MD = 2.67 \cdot \lg(D, \text{ мин}) + 1.65$$

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

$$KD = 1.8 \cdot MD + 4.0.$$

Вся территория Карпатского региона разделена на восемь сейсмоактивных районов, контуры которых и их номера показаны на карте эпицентров землетрясений (рис. 1).

Основные параметры землетрясений определялись с помощью программы НУРО [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 2021 году сейсмическими станциями Карпатского региона Украины зарегистрировано 60 землетрясений энергетического класса $K_p = 4.4 \div 12.2$ (см. табл. 4 и 5), пространственное расположение которых показано на рис. 1

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

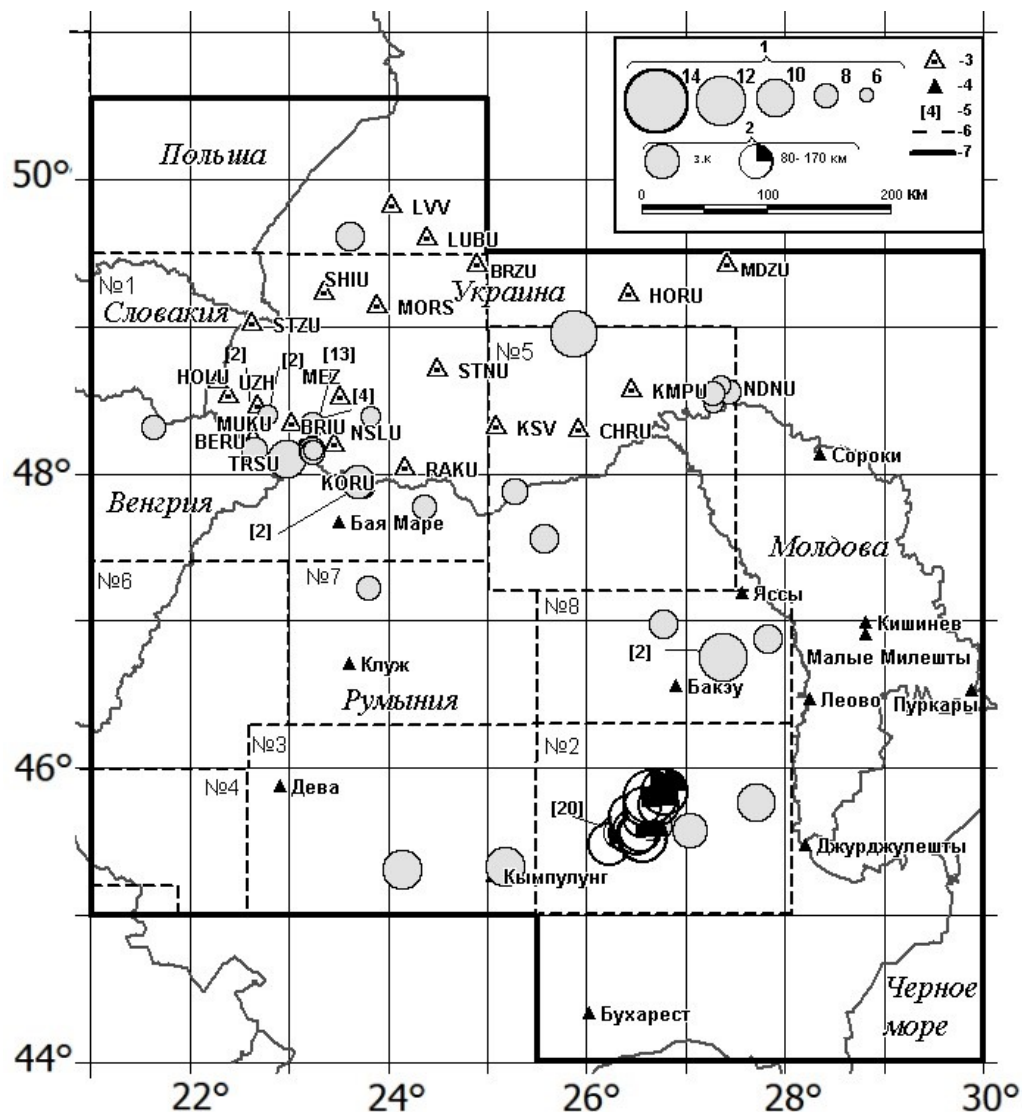


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений с $K_p \geq 6$ Карпатского региона за 2021 год: 1 — энергетический класс; 2 — глубина очага, км; 3 — сейсмическая станция; 4 — зарубежные сейсмические станции; 5 — количество землетрясений с одинаковым эпицентром; 6 — границы сейсмоактивных районов: (1) — Северо-Западный; (2) — Вранча; (3) — Южные Карпаты; (4) — Банат; (5) — Буковина; (6) — Кришана; (7) — Трансильвания; (8) — Бакэу; 7 — граница региона.

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

Таблица 2.

Распределение землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам за 2021 г.

	Район	Кр										К-во з-ний	$\Sigma E, Дж$
		4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	Северо-Западный											23	$5.03 \cdot 10^9$
	а) Закарпатье	1	4	7	5	1	1					19	$4.08 \cdot 10^9$
	б) Румыния, Мармарош				2	1						3	$9.14 \cdot 10^8$
	в) Венгрия				1							1	$4.00 \cdot 10^7$
2	Вранча											22	$2.32 \cdot 10^{12}$
	а) горы Вранча					2	4	9	4	1		20	$2.32 \cdot 10^{12}$
	б) Галац							2				2	$3.99 \cdot 10^9$
3	Южные Карпаты							2				2	$4.42 \cdot 10^{10}$
5	Буковина											7	$5.01 \cdot 10^{11}$
	а) Подолье			2	2					1		5	$5.01 \cdot 10^{11}$
	б) Румыния, Сучава				1	1						2	$7.57 \cdot 10^8$
7	Трансильвания					1						1	$1.26 \cdot 10^8$
8	Бакэу							3		1		4	$2.54 \cdot 10^{11}$
	Вне районов							1				1	$3.16 \cdot 10^8$
	Всего:											60	$3.13 \cdot 10^{12}$

Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия в Карпатском регионе в 2021 году составила $\Sigma E = 3.13 \cdot 10^{12} Дж$, что ниже уровня предыдущего 2020 года $\Sigma E = 1.11 \cdot 10^{13} Дж$ в 3.5 раза [9]. Наибольшая сейсмическая энергия была выделена в районе Вранча (№2) ($\Sigma E = 2.32 \cdot 10^{12} Дж$), которая на порядок ниже уровня прошлого года ($1.08 \cdot 10^{13} Дж$).

Суммарная сейсмическая энергия в Северо-Западном районе (№1) составила $\Sigma E = 5.35 \cdot 10^9 Дж$, что также ниже уровня выделившейся энергии в 2020 году $\Sigma E = 4.89 \cdot 10^{10} Дж$ [9]. Сейсмическая энергия, которая выделилась в Закарпатье $\Sigma E = 4.08 \cdot 10^9 Дж$, почти такая же, как и в прошлом году ($\Sigma E = 3.94 \cdot 10^9 Дж$). В районе Мармароша (Румыния) в этом году энергии выделилось на три порядка больше, а в Буковине — на порядок по сравнению с 2020 г. В районах №4 и №6 землетрясений не зафиксировано.

Характер активности сейсмических процессов в регионе на протяжении года по месяцам в виде диаграмм представлен на рисунках 2 и 3. Наибольшее число землетрясений произошло в январе — 13 и в феврале — 9, а наименьшее в августе — всего два.

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

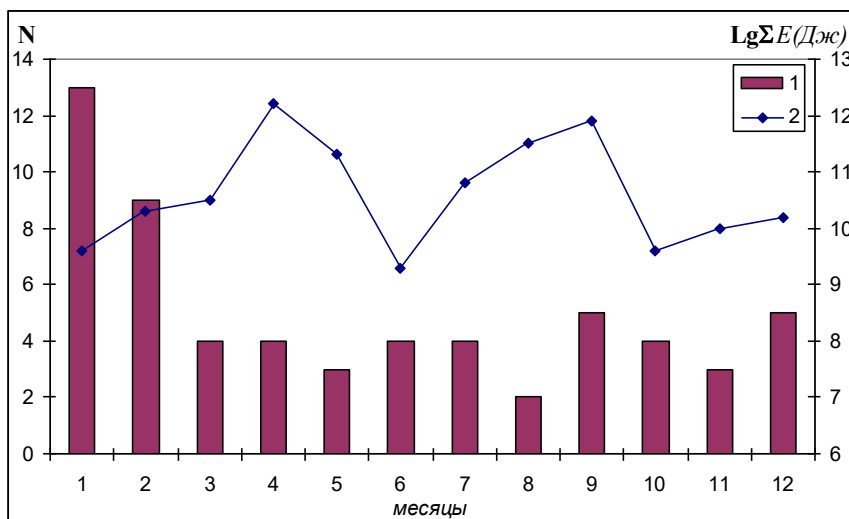


Рис. 2. Распределение количества землетрясений (1) и логарифма выделенной энергии (2) в регионе по месяцам за 2021 год.

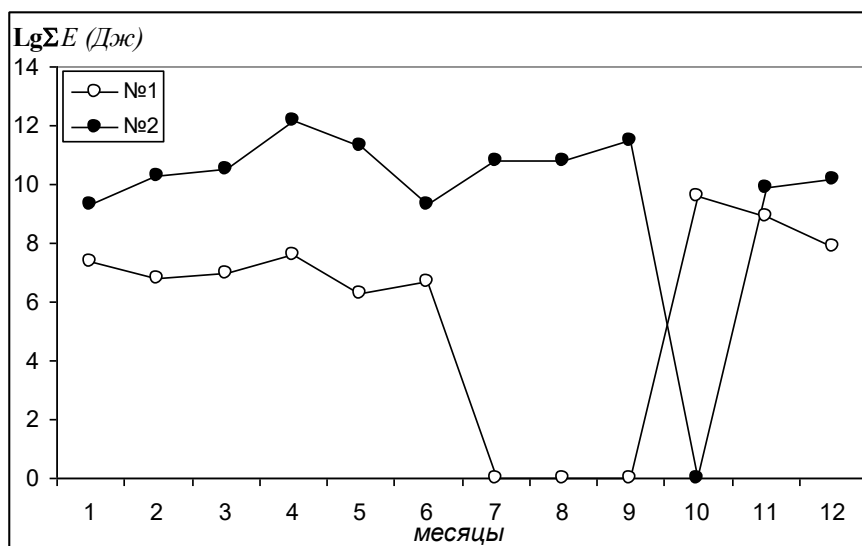


Рис. 3. Распределение логарифма выделенной энергии по месяцам за 2021 год в Северо-Западном районе (№1) и в районе Вранча (№2).

Сейсмичность Северо-Западного района (№1) в 2021 г. представлена 23 событиями. Этот район был наиболее активен в январе (9 событий) и феврале (5 событий). В июле, августе и сентябре в Северо-Западном сейсмическом районе не зарегистрировано ни одно землетрясение (рис. 3). В районе Вранча (№2)

зафиксировано 22 события. Активным район был на протяжении года. Только в октябре землетрясений здесь не зафиксировано. В январе и августе в зоне Вранча зафиксировано по 1 событию.

В районе №3 (Южные Карпаты) было зарегистрировано 2 события, в районе №5 (Буковина) – 7 событий, в районе №7 (Трансильвания) – 1 событие и в районе №8 (Бакэу) – 4 события.

Район №1. Северо-Западный. В данном сейсмоактивном районе зарегистрировано 23 землетрясения энергетического класса $K_p=4.4\div 9.6$, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=5.03\cdot 10^9$ Дж.

а) Закарпатье. В Закарпатье в этом году отмечено 19 землетрясений энергетического класса $K_p=4.4\div 9.6$. Их суммарная сейсмическая энергия составляет $\Sigma E=4.08\cdot 10^9$, что практически одинаково как в 2020 году ($\Sigma E=3.94\cdot 10^9$ Дж) [9]. Очаги землетрясений находятся на глубинах $h=1.0\div 13.4$ км.

Эпицентры землетрясений расположены в пределах ранее выделенных сейсмоактивных зон и приурочены к Закарпатскому и Припаннонскому глубинным разломам, протягивающимся вдоль Вулканического хребта. Здесь, со стороны Закарпатской низменности, в районе г. Хуст было зафиксировано в январе и феврале 12 землетрясений и одно 17 июня. По одному землетрясению было зарегистрировано в районе г. Мукачево (02.01 с $K_p=6.4$), с. Долгое (16.03 с $K_p=7.0$), с. Колочава (26.05 с $K_p=6.3$), г. Берегово (17.10 с $K_p=7.7$), а также в районе г. Виноградово 27.10 в 01 час 44 мин с $K_p=9.6$, $MSH=2.8$ на глубине $h=13.4$ км, которое ощущалось всем населением города и близлежащих населенных пунктов. Некоторые люди даже испугались.

б) Северная часть Румынии (Мармарошский массив) представлена тремя землетрясениями с $K_p=7.6\div 8.9$ и суммарной сейсмической энергией $\Sigma E=9.14\cdot 10^8$ Дж. События зарегистрированы 3 октября и 2 ноября вблизи г. Сигет, что на границе с Украиной и 26 декабря в районе горы Фаркэу – самой высокой горы в Мармарошском массиве.

в) Венгрия этого года представлена одним землетрясением с энергией $\Sigma E=4.0\cdot 10^7$ Дж. Эпицентр находится в районе Паннонского бассейна, вблизи г. Шарошпатак. Событие зафиксировано 25 апреля в 22 час 26 мин с магнитудой $MSH=1.4$, $K_p=7.6$ и глубиной очага $h=1.5$ км.

Район №2. Вранча. Зона Вранча расположена на стыке Южных и Восточных Карпат. Землетрясения зоны Вранча оказывают свое влияние на всю территорию Украины. Здесь в этом году сетью сейсмических станций Карпатского региона Украины зарегистрировано 22 землетрясения с $K_p=8.4\div 12.2$, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=2.32\cdot 10^{12}$. При определении координат очагов этих землетрясений были учтены данные сейсмических станций Румынии, Словакии, Венгрии, Польши, Болгарии, Молдовы и Крыма. Сейсмическими станциями зафиксировано три сильных землетрясения, которые ощущались населением на территории Румынии, Молдовы и Украины.

а) горы Вранча — всего отмечено 20 землетрясений. Их выделившаяся суммарная энергия составляет $\Sigma E=2.32\cdot 10^{12}$ Дж. Очаги землетрясений сосредоточены в зоне глубокофокусных землетрясений на глубине $h=80\div 160$ км (16 событий) и в земной коре на глубине $h=7\div 18$ км (4 события) в горном массиве Вранча. Эпицентры

землетрясений сориентированы по линии с северо-востока на юго-запад. Наиболее сильное и ощутимое землетрясение зафиксировано 09 апреля в 18 час 36 мин с энергетическим классом $K_p=12.2$ и магнитудой $MSH=4.4$ на глубине $h=82$ км. Интенсивность в эпицентральной зоне составила $I=4$ балла по шкале MSK-64 [10]. Землетрясение ощущалось населением на территории Румынии и на юге Украины в Одесской области (Белгородский, Рейнский и Измаильский р-ны) с интенсивностью $I=2-3$ балла. Следующее сильное колебание земной коры зарегистрировано 25.05 в 21 час 30 мин с энергетическим классом $K_p=11.3$ и магнитудой $MSH=4.0$ на глубине $h=138$ км с интенсивностью в эпицентре 3 балла. Оно также ощущалось в Молдове (г. Комрат и г. Кишинев) с $I=2$ балла. Землетрясение 6 июля произошло в 11 ч 20 мин с энергетическим классом $K_p=10.7$ и магнитудой $MSH=3.2$. Интенсивность в эпицентре составила 3 балла.

На протяжении года в горах Вранча зафиксировано еще восемь сильных колебаний земной коры (24.02, два 07.03, 12.07, 11.08, 01.09, 10.09 и 30.12) с энергетическим классом $K_p=10.0-11.5$ и магнитудой $MSH=2.9-3.8$.

б) Нижнедунайская низменность (р-н г. Галац) представлена двумя землетрясениями, зафиксированными 18 января в 00 час 51 с энергетическим классом $K_p=9.3$, магнитудой $MSH=2.8$ на глубине $h=15$ км и 17 ноября в 18 час 52 мин с энергетическим классом $K_p=9.3$, магнитудой $MSH=2.5$ на глубине $h=29$ км. Выделившаяся суммарная энергия составила $\Sigma E=3.99 \cdot 10^9$ Дж.

Район №3. Южные Карпаты. Район находится между перевалом Передял и ущельем Железные Врата. В этом году здесь зарегистрировано два землетрясения: первое – 7.09 в 02 час 01 мин с энергетическим классом $K_p=10.1$, магнитудой $MSH=2.8$, $h=7.7$ км и второе – 9.09 в 08 ч 57 мин с энергетическим классом $K_p=10.5$, магнитудой $MSH=2.9$, $h=3.0$ км. Их суммарная сейсмическая энергия составляет $\Sigma E=4.42 \cdot 10^{10}$ Дж. События зафиксированы в горах Чибин и в горном массиве Фегераш соответственно.

Район №5. Буковина. Район Буковина находится в зоне повышенного сейсмического риска. В этом районе в 2021 г. зарегистрировано 7 землетрясений с суммарной сейсмической энергией $\Sigma E=5.01 \cdot 10^{11}$ Дж. Очаги землетрясений расположены в земной коре на глубине $h=2-7$ км. В этом году наблюдается повышение сейсмической активности на территории прилегающей к реке Днестр в Черновицкой области по сравнению с предыдущим годом [9].

а) Покутье-Буковина. Зарегистрировано 5 землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E=5.01 \cdot 10^{11}$ Дж. Четыре слабых события зафиксированы вблизи г. Новоднестровска Черновицкой области с $K_p=5.8-6.7$, $h=2$ км (05.02, 14.03, 26.12 и 29.12).

Одно сильное землетрясение зарегистрировано 23.09 в Тернопольской области в районе г. Чортков с энергетическим классом $K_p=11.7$ и магнитудой $MSH=3.6$ на глубине $h=5.1$ км. Интенсивность в эпицентральной зоне составила более 5 баллов. При определении его координат использованы данные 18 сейсмических станций Украины и 6 зарубежных. Землетрясение ощущалось в некоторых направлениях на расстоянии более 200 км. Оно охватило территории восьми областей. Максимальные расстояния, на которых ощущалось землетрясение, представлены в табл. 3.

Таблица 3.

Ощущаемость Чортковского землетрясения 23 сентября
на максимальных расстояниях от эпицентра

№ п/п	Область	Населенный пункт	$\varphi^{\circ}N$	$\lambda^{\circ}E$	Δ , км
<i>2–3 балла</i>					
1	Черновицкая	г. Черновцы	48.29	25.93	76
2	Ив.-Франковская	г. Калуш	49.03	24.35	112
3	Львовская	г. Золочев	49.80	24.88	115
4	Черновицкая	г. Новоднестровск	48.57	27.43	123
5	Тернопольская	г. Кременец	50.10	25.71	124
<i>2 балла</i>					
6	Хмельницкая	г. Полонное	50.11	27.52	175
7	Ровенская	г. Ровно	50.62	26.25	183
8	Винницкая	г. Бар	49.07	27.68	205
9	Житомирская	г. Житомир	50.25	28.65	244

В эпицентральной зоне спящие просыпались от сильного толчка, подземного гула, движения кровати и всего дома, некоторые люди выходили во двор. По многим населенным пунктам имеются сведения об ощущаемости землетрясения, но оценить их балльность очень сложно.

Землетрясение произошло в зоне динамически активного диагонального Тереховлянского глубинного разлома, который простирается с северо-запада на юго-восток. Кстати, 3.01.2002 г. в зоне этого разлома, в 50 км на северо-запад от данного землетрясения, также произошло сильное Микулинецкое землетрясение с интенсивностью в эпицентре 6 баллов [11].

По историческим данным здесь уже происходили сильные землетрясения. Так в районе г. Каменец-Подольский Хмельницкой области в июне 1721 г. было отмечено землетрясение на глубине $h=6$ км с магнитудой $M=3.2$ и интенсивностью в эпицентре 5 баллов. Еще одно сильное землетрясение произошло 20.01.2003 г. в районе г. Залещики Тернопольской области в 02 час 04 мин с $K=12.1$, с магнитудой $M=4.2$ на глубине $h=6.0$ км и интенсивностью в эпицентре 6 баллов [12].

б) Южная Буковина (Сучава, Румыния). В этом районе произошло два землетрясения с суммарной энергией $\Sigma E=7.57 \cdot 10^8$ Дж. Эти события зарегистрированы в июле: 08.07 в 22 час 16 мин с $K_p=7.8$ и 08.07 в 22 час 43 мин с $K_p=7.1$. Глубина очагов находится в пределах 10 км.

Район №7. Трансильвания. Этот район расположен в центральной части Румынии и почти полностью окружен горами (Внутренними Восточными Карпатами, Южными Карпатами и Западными Румынскими Карпатами). В этом году район представлен одним событием, зафиксированным 3 октября в 15 час 17 мин с $K_p=8.1$, $MSH=1.6$ на глубине 7 км. При определении координат землетрясения использованы данные 8 сейсмостанций.

Район №8. Бакэу. Сейсмоактивный район Бакэу расположен на плато Бырлад в восточной части Румынии. В этом районе зарегистрировано 4 землетрясения с

энергетическим классом $K_p=8.5\div 11.4$. Их суммарная сейсмическая энергия составляет $\Sigma E=2.54\cdot 10^{11}$ Дж. Очаги землетрясений расположены в земной коре на глубине $h=2\div 21$ км. В этом году наблюдается снижение сейсмической активности района. При определении координат очагов землетрясений учтены данные сейсмических станций Карпатского региона Украины, Крыма и Молдовы. Два землетрясения зарегистрировано в январе: 20.01 – в 20 час 03 мин с $K_p=9.2$, магнитудой $MSH=2.4$ и 24.01 – в 13 час 35 мин с $K_p=8.5$, магнитудой $MSH=2.0$. По одному событию зафиксировано в апреле и в августе. Наиболее сильное из них, которое произошло 01.08 в 17 час 57 мин, имело $K_p=11.4$, магнитуду $MSH=3.7$ и глубину $h=20.4$ км. При определении координат землетрясения использованы данные 19 сейсмостанций.

Вне районов. Одно событие в этом году зафиксировано севернее сейсмоактивной зоны №1. Оно произошло во Львовской области вблизи г. Рудки 10 января в 11 час 13 мин с $K_p=8.5$ и магнитудой $MSH=1.8$ на глубине $h=9.2$ км. При определении координат землетрясения использованы данные 12 сейсмостанций. Землетрясение расположено в зоне со сложной тектоникой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сетью сейсмических станций Карпатского региона в 2021 году зарегистрировано 60 землетрясений в диапазоне энергетического уровня $K_p=4.4\div 12.2$. Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия составила $\Sigma E=3.13\cdot 10^{12}$ Дж, что намного ниже уровня предыдущего года $\Sigma E=1.11\cdot 10^{13}$ Дж.

В Закарпатье было зарегистрировано 19 землетрясений энергетического класса $K_p=4.4\div 9.6$. Их суммарная сейсмическая энергия составляет $\Sigma E=4.08\cdot 10^9$ Дж. Очаги землетрясений находятся на глубинах $h=1.0\div 13.4$ км.

В сейсмоактивном районе Буковина зафиксировано сильное землетрясение вблизи г. Чорткова Тернопольской области на глубине $h=5.1$ км с $K_p=11.7$, $MSH=3.7$, которое ощущалось в радиусе более 100 км. Интенсивность в эпицентральной зоне составила более 5 баллов.

Наибольшая сейсмическая энергия была выделена в районе гор Вранча. Из этого района зарегистрировано 22 землетрясения энергетического класса $K_p=8.4\div 12.2$, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=2.32\cdot 10^{12}$ Дж. Очаги вранчевских землетрясений сосредоточены на глубине $h=80\text{--}160$ км. Активность в районе Вранча наблюдалась на протяжении года.

Таблица 4.

Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2021 г.
(Составители: Прокопишин В. И., Стецкив А. Т., Нищименко И. М., Келеман И. Н.,
Гаранджа И. А., Добротвир Х. В., Вербицкая О. Я., Давыдяк О. Д.,
Герасименюк Г. А., Гандарова Г. З., Кикеля Л. М., Вербицкая О. С., Олийнык Г. И.)

Время возникновения землетрясения						Координаты эпицентра				Глубина очага		K_p/n	KD/n	Магнитуда			№ района
месяц	число	час	мин	с	δ_{t_0}, c	φ°	$\delta\varphi, км$	λ°	$\Delta\lambda, км$	$h, км$	$\delta h, км$			M_{SH}	M_L	M_D	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	2	22	8	46.4	0.1	48.42	0.8	22.79	0.7	5.0		6.4/5	6.7/6	1.2/5	1.2/6	1.5/6	1
	10	11	13	33.2	0.1	49.63	0.9	23.62	0.8	9.2	1.4	8.5/5	7.8/12	1.8/5	2.1/6	2.1/12	
	18	0	51	4.9	0.1	45.79	0.4	27.71	0.7	14.2	0.9	9.3/5	9.7/10	2.8/4		3.1/10	2
	20	3	44	13.8	0.2	46.79	0.9	27.41	1.1	2.0		9.2/2	9.0/5	2.4/2		2.8/5	8
	22	18	13	21.6	0.1	48.18	0.9	23.22	0.5	1.0		5.5/1	5.6/2	0.6/1	0.9/2	0.9/2	1
	22	19	54	6.7	0.2	48.17	1.2	23.25	0.6	1.0		5.3/1	5.3/2	0.5/1	0.7/2	0.7/2	1
	22	19	58	1.0	0.1	48.17	1.1	23.25	0.5	1.0		5.4/1	5.6/2	0.6/1	0.9/2	0.9/2	1
	22	21	24	18.1	0.2	48.18	1.4	23.25	0.6	1.0		5.6/1	5.7/2	0.8/1	1.0/2	1.0/2	1
	23	3	18	17.1	0.1	48.16	1.0	23.26	0.5	5.0		7.1/6	6.9/8	1.4/6	1.4/8	1.6/8	1
	23	8	8	59.7	0.1	48.17	1.0	23.24	0.5	1.0		6.9/2	6.6/2	1.3/2	1.3/2	1.4/2	1
	23	9	54	46.3	0.2	48.20	1.4	23.23	0.7	1.0		5.9/1	6.1/1	1.0/1	1.2/1	1.2/1	1
	24	13	35	5.3	0.1	47.00	0.6	26.79	0.7	5.0		8.5/1	8.9/6	2.0/1		2.7/6	8
	27	6	46	58.5	0.1	48.19	0.9	23.23	0.4	1.0		5.6/1	5.7/1	0.8/1	1.0/1	1.0/1	1
2	1	18	40	24.4	0.2	48.17	2.0	23.25	0.8	1.0		4.8/1	5.0/2	0.3/1	0.5/2	0.6/2	1
	2	6	48	58.2	0.3	48.17	2.0	23.23	1.0	1.0		6.7/2	6.5/2	1.3/2	1.3/2	1.4/2	1
	2	22	9	49.6		48.16	0.2	23.23	0.1	1.0		5.0/1	5.5/2	0.4/1	0.6/2	0.9/2	1
	4	11	0	18.6	0.2	48.18	1.5	23.25	0.7	1.0		6.2/2	6.0/2	1.0/2	1.0/2	1.1/2	1
	5	0	51	26.7	0.5	48.57	3.1	27.45	2.5	2.0	1.2		6.5/3		1.4/1	1.4/3	5
	7	17	40	55.2	0.2	48.20	1.3	23.23	0.7	1.0		4.4/2	5.0/2	0.4/2	0.6/2	0.6/2	1
	14	17	24	50.7	0.3	45.56	1.2	26.35	1.4	135.2	1.8	8.9/2	8.6/9	2.4/2		2.6/9	2
	24	2	35	9.4	0.1	45.76	1.3	26.57	1.2	137.0		10.1/2	10.6/13	3.0/2		3.7/13	2
	27	21	13	8.4	0.2	45.56	0.8	26.51	0.8	143.7	1.2	9.9/5	10.3/9	3.2/5		3.5/9	2
3	7	9	52	28.4	0.1	45.65	1.0	26.45	0.9	145.0		10.3/8	10.8/13	3.0/8		3.8/13	2
	7	22	34	28.3	0.1	45.63	1.0	26.46	0.9	144.0		10.0/6	10.5/8	2.9/6		3.6/8	2
	14	16	23	29.9	0.6	48.50	3.7	27.28	2.7	2.0	2.2		6.1/2		1.0/1	1.2/2	5
	16	19	50	38.5	0.2	48.36	1.1	23.25	0.9	1.0		7.0/2	6.5/2	1.4/2	1.2/2	1.4/2	1
4	2	19	28	26.2	0.5	46.89	2.7	27.83	3.0	8.0		8.9/2	8.0/5	2.0/2		2.2/5	8
	8	19	54	48.6	0.1	45.67	0.7	26.54	0.7	144.5	0.8	8.7/2	8.8/8	2.6/3		2.6/8	2
	9	18	36	46.2	0.1	45.84	0.7	26.64	0.8	81.8	0.5	12.2/12	11.5/23	4.4/12		4.2/23	2
	25	22	26	12.0	0.8	48.34	2.2	21.65	4.1	1.5	1.9	7.6/6	6.8/6	1.4/6	1.5/6	1.6/6	1
5	9	0	15	29.2	0.1	45.59	0.6	26.29	0.5	7.0		8.4/3	8.8/8	1.8/3		2.7/8	2

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	25	21	30	36.8	0.1	45.54	0.6	26.57	0.7	137.6	0.8	11.3/15	11.2/20	4.0/15		4.0/20	2
	26	14	16	19.0	0.4	48.40	1.6	23.83	1.9	6,0		6.3/2	6.1/2	1.1/2	1.0/2	1.2/2	1
6	14	9	54	5.6	0.1	45.64	0.4	26.68	0.5	12.1	0.9	8.8/2	9.0/4	2.1/2		2.8/4	2
	14	10	36	21.6	0.1	45.66	0.5	26.69	0.6	17.0		9.1/2	9.2/5	2.2/2		2.9/5	2
	15	0	7	59.7	0.1	45.66	0.5	26.64	0.6	15.1	1.0	8.4/2	9.3/7	2.1/2		2.9/7	2
	17	5	42	44.2	0.3	48.18	0.8	23.25	1.3	1.0		6.7/3	7.2/3	1.3/3	1.8/3	1.8/3	1
7	6	11	20	0.9	0.1	45.57	0.8	26.44	0.9	133.0		10.7/5	10.4/8	3.2/5		3.5/8	2
	8	22	16	31.9	0.6	47.57	2.9	25.58	1.5	6.3	1.1		7.8/4		2.1/2	2.1/4	5
	8	22	43	35.5	1.2	47.89	5.4	25.29	2.8	5.7	1.2		7.1/3		1.5/2	1.7/3	5
	12	0	9	28.3	0.2	45.59	0.9	26.54	1.2	120.1	1.2	10.1/4	10.2/10	3.2/8		3.4/10	2
8	1	17	57	10.1	0.1	46.78	0.5	27.37	0.6	20.4	0.6	11.4/8	11.3/15	3.7/10		4.1/15	8
	11	9	31	21.4	0.1	45.51	1.0	26.23	1.1	134.0		10.8/4	10.6/11	3.4/6		3.7/11	2
9	1	10	32	10.7	0.1	45.68	1.0	26.46	1.0	152.7	1.1	11.5/7	11.0/23	3.8/7		3.9/23	2
	7	2	1	16.2	0.1	45.34	0.5	24.14	0.3	7.7	0.7	10.1/7	10.0/19	2.8/8		3.3/19	3
	9	8	57	13.2	0.1	45.36	0.9	25.18	0.6	3.0		10.5/6	9.7/16	2.9/6		3.2/16	3
	10	17	31	13.1	0.1	45.55	0.5	26.45	0.5	143.5	0.7	10.2/6	10.4/16	3.3/7		3.6/16	2
	23	3	17	56.0	0.3	48.99	1.5	25.88	1.3	5.1	0.2	11.7/11	11.5/17	3.6/11	3.9/7	4.2/17	5
10	3	15	17	40.8	0.1	47.23	0.5	23.81	1.0	7.0		8.1/6	7.8/8	1.6/6		2.1/8	7
	3	19	48	37.7	0.3	47.94	2.1	23.75	0.7	1.0		7.6/3	6.8/7	1.5/3	1.4/4	1.6/7	1
	17	23	20	25.2	0.1	48.17	0.5	22.66	0.5	6.9	0.8	7.7/9	7.5/11	1.7/9	1.9/9	1.9/11	1
	27	1	44	57.2	0.1	48.13	0.4	22.98	0.3	13.4	0.3	9.6/11	9.3/20	2.7/11	2.8/9	3.0/20	1
11	2	7	56	54.0	0.1	47.98	0.5	23.71	0.5	8.0	0.8	8.9/7	8.3/17	2.3/7	2.4/10	2.4/17	1
	17	18	52	54.9	0.1	45.60	0.6	27.05	0.8	28.8	1.0	9.3/1	9.2/4	2.5/1		2.9/4	2
	30	16	20	56.9	0.2	45.77	1.5	26.73	1.8	134.2	1.1	9.8/5	10.3/8	3.2/5		3.5/8	2
12	17	0	4	18.5	0.1	45.61	0.8	26.48	0.8	103.0		9.7/7	10.5/11	3.1/7		3.6/11	2
	26	16	33	42.8	0.2	47.79	1.2	24.38	0.6	5.3	0.2	7.9/3	7.1/4	1.5/3	1.8/3	1.7/4	1
	26	21	45	23.0	0.2	48.61	1.1	27.35	1.0	2.0	1.4		5.8/2		0.8/1	1.0/2	5
	29	11	50	48.8	0.3	48.57	3.0	27.28	1.9	2.0	2.6	6.9/2	6.7/5	1.5/2	1.7/3	1.5/5	5
	30	14	56	59.5	0.1	45.85	0.9	26.77	0.9	83.1	0.9	10.1/12	10.7/19	3.6/12		3.7/19	2

09.04 — 18 ч 36 мин ощущалось в Румынии (Вранча) с интенсивностью $L_k=3-4$ б, в Украине (Одесская область) $L_k=2-3$ б

25.05 — 21 ч 30 мин ощущалось в Румынии(Вранча) с интенсивностью $L_k=3$ б, Молдове (г. Комрат, Кишинев) $L_k=2$ б

06.07 — 11 ч 20 мин ощущалось в Румынии(Вранча) с интенсивностью $L_k=3$ б и в Молдове

23.09 — 03 ч 17 мин ощущалось в Украине, Тернопольская обл, р-н г. Чортков с интенсивностью $L_k=5$ б, Ив.-Франковская, Хмельницкая, Черновецкая обл. $L_k=3-4$ б, Львовская, Винницкая и Ровенская обл. $L_k=2-3$ б; и в Румынии $L_k=2$ б

Таблица 5.

Подробные данные о Карпатских землетрясениях в 2021 г.

Стан- ция	Δ, \square км	Фаза	Время			T, с	A, мкм			Kp	KD	D, с	Магнитуда			
			ч	м	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

№ 1. 2 января. Закарпатье, р-н г.Мукачево

$0=22ч\ 8мин\ 46.4с; \varphi=48.42^{\circ}N; \lambda=22.79^{\circ}E; h=5\ км;$

$MD=1.5(6); Kp=6.4(5); KD=6.7(6); ML=1.2(6); MSH=1.2(5);$

MUKU	8.5	-iPg	22	8	48.3						6.8	54				1.5
		Pm	22	8	48.4	0.10			0.20	6.5						
		iSg	22	8	49.9											
		Sm	22	8	50.1	0.20	0.70	1.30					1.4			
		m	22	8	50.4	0.20			0.50					1.5		
BERU	23	-iPg	22	8	50.7						6.9	57				1.6
		Pm	22	8	52.2	0.20			0.04	6.3						
		eSg	22	8	54.1											
		m	22	8	55.0	0.20			0.20					1.5		
		Sm	22	8	58.7	0.20	0.04	0.22					1.1			
TRSU	38	ePg	22	8	53.6						6.7	54				1.5
		m	22	9	4.4	0.50			0.04					1.1		
UZH	44	eSg	22	9	0.7											
MEZ	54	ePg	22	8	56.2						6.4	45				1.3
		Pm	22	8	59.7	0.40			0.01	6.6						
		eSg	22	9	3.8											
		m	22	9	4.5	0.30			0.02					1.0		
		Sm	22	9	8.5	0.30	0.02	0.09					1.3			
NSLU	55	ePg	22	8	57.9						6.6	51				1.5
		Pm	22	9	1.0	0.20			0.01	6.3						
		eSg	22	9	4.2											
		Sm	22	9	5.5	0.30	0.04	0.04					1.0			
		m	22	9	6.5	0.20			0.03					1.1		
STZU	68	ePg	22	8	58.7						6.7	54				1.5
		Pm	22	9	0.0	0.20			0.01	6.5						
		eSg	22	9	7.2											
		m	22	9	8.8	0.30			0.02					1.1		
		Sm	22	9	12.6	0.80	0.02	0.06					1.2			
RAKU	111	eSg	22	9	20.3											

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

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

№ 2. 10 января. Львовская обл., р-н г. Рудки.

$\theta=11$ ч 13мин 33.2с; $\varphi=49.63^{\circ}N$; $\lambda=23.61^{\circ}E$; $h=9.2$ км;

$MD=2.1(12)$; $Kp=8.5(5)$; $KD=7.8(12)$; $ML=2.1(6)$; $MSH=1.9(5)$;

LVV	36 ePg	11	13	40.7							6.9	58				1.6
	Pm	11	13	42.2	0.50				0.03	8.5						
	eSg	11	13	45.8												
	Sm	11	13	47.0	0.60	1.03	0.82						2.2			
	m	11	13	52.6	0.40				0.20					1.8		
SHIU	49 ePg	11	13	43.0							7.0	62				1.7
	eSg	11	13	49.8												
LUBU	55 ePg	11	13	43.8							7.6	81				2.0
	eSg	11	13	51.6												
MORS	60 ePg	11	13	44.3							7.5	79				2.0
	eSg	11	13	52.3												
STZU	100 ePg	11	13	50.8							7.7	84				2.0
	Pm	11	13	50.9	0.50				0.02	8.5						
	eSg	11	14	3.6												
	Sm	11	14	4.2	0.50	0.01	0.11						1.7			
	m	11	14	5.1	0.50				0.08					1.9		
STNU	121 ePg	11	13	54.5							7.8	88				2.1
	eSg	11	14	9.2												
MEZ	125 ePg	11	13	54.9							7.9	93				2.2
	Pm	11	13	55.2	0.20				0.02	8.3						
	eSg	11	14	10.1												
	Sm	11	14	10.8	0.20	0.07	0.01						1.6			
	m	11	14	13.2	0.20				0.04					1.7		
NSLU	160 ePn	11	13	59.1							8.1	105				2.3
	Pm	11	13	59.7	0.20				0.03	8.5						
	eSn	11	14	18.8												
	Sm	11	14	20.4	0.30	0.01	0.08						1.8			
	m	11	14	20.5	0.20				0.05					2.0		
KSV	181 ePn	11	14	2.2							8.2	107				2.3
	eSn	11	14	24.0												
	m	11	14	27.6	0.20				0.28					2.8		
RAKU	183 ePn	11	14	2.3							8.2	110				2.4
	Pm	11	14	3.5	0.30				0.01	8.6						
	eSn	11	14	24.5												
	Sm	11	14	26.0	0.30	0.08	0.01						1.9			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		m	11	14	26.4	0.40			0.09					2.3		
KMPU	239	ePn	11	14	9.8						8.3	116				2.4
		eSn	11	14	37.2											
NDNU	297	ePn	11	14	17.5						8.4	119				2.4
		eSn	11	14	50.3											

№ 3. 18 января. Румыния, р-н Вранча.

$\theta=0$ ч 51мин 4.9с; $\varphi=45.79^\circ N$; $\lambda=27.71^\circ E$; $h=14.2$ км;

$MD=3.1(10)$; $Kp=9.3(5)$; $KD=9.7(10)$; $MSH=2.8(4)$;

LEOM	86	iP	0	51	20.8											
		iS	0	51	32.1											
KIS	159	eP	0	51	31.5						10.1	140				3.4
		Pm	0	51	32.0	0.36			0.09	9.7						
		S	0	51	50.9											
		Sm	0	51	51.1	0.37			0.54							
		m	0	51	55.0	0.38	0.54	0.48								
SORM	265	iP	0	51	44.0											
CHRU	310	eP	0	51	49.8						9.3	182				2.9
		Pm	0	51	57.2	0.60			0.08	8.9						
		iS	0	52	23.8											
		Sm	0	52	39.1	0.55	1.04	0.31					3.3			
NDNU	313	eP	0	51	50.4						9.3	184				3.0
		Pm	0	51	58.5	0.20			0.13	9.0						
		iS	0	52	24.6											
		Sm	0	52	37.9	0.45	0.08	0.04					2.3			
KMPU	323	eP	0	51	51.3						9.6	207				3.1
		iS	0	52	23.5											
KSV	345	eP	0	51	55.0						9.6	211				3.1
		eS	0	52	32.7											
STNU	405	eP	0	52	2.1											
		iS	0	52	45.8											
TRSU	443	iP	0	52	6.8						9.4	188				3.0
		eS	0	52	54.1											
MORS	470	eP	0	52	10.4						9.2	172				2.9
		iS	0	53	1.3											
SEV	488	P	0	52	11.1						10.5	180				3.6
		Pm	0	52	21.0	0.27			0.01	9.2						
		eS	0	53	2.7											

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	0	53	7.4	0.31	0.01	0.01					2.8			
LUBU	492	iP	0	52	13.1						9.2	175				2.9
		iS	0	53	5.7											
SUDU	578	eP	0	52	22.9						10.5	180				3.6
		Pm	0	52	32.1	0.42			0.01	9.8						
		eS	0	53	23.3											
		Sm	0	53	25.5	0.35	0.00	0.01					2.9			

№ 4. 20 января. Румыния, р-н Бакэу.

$t=3ч 44мин 13.8с$; $\varphi=46.79^{\circ}N$; $\lambda=27.41^{\circ}E$; $h=2 км$;

$MD=2.8(5)$; $Kp=9.2(2)$; $KD=9.0(5)$; $MSH=2.4(2)$;

KIS	110	P	3	44	32.7											
		S	3	44	45.9											
SORM	166	P	3	44	41.6											
		S	3	45	1.1											
NDNU	201	+iP	3	44	47.5						9.2	175				2.9
		Pm	3	44	48.4	0.30			0.09	9.0						
		eS	3	45	10.7											
		Sm	3	45	11.8	0.30	0.20	0.04					2.3			
CHRU	202	eP	3	44	48.0						9.3	180				2.9
		Pm	3	44	48.7	0.20			0.07	9.4						
		eS	3	45	8.9											
		Sm	3	45	15.9	0.40	0.30	0.04					2.5			
KMPU	210	eP	3	44	48.9						8.9	150				2.7
		eS	3	45	11.1											
KSV	245	eP	3	44	54.7						9.0	158				2.8
		eS	3	45	20.2											
STNU	305	eP	3	45	2.7						8.7	139				2.6
		eS	3	45	33.6											

№ 5. 22 января. Закарпатье, р-н г. Хуст.

$t=18ч 13мин 21.6с$; $\varphi=48.18^{\circ}N$; $\lambda=23.22^{\circ}E$; $h=1 км$;

$MD=0.9(2)$; $Kp=5.5(1)$; $KD=5.6(2)$; $ML=0.9(2)$; $MSH=0.6(1)$;

NSLU	18	ePg	18	13	25.1						5.7	32				0.9
		Pm	18	13	25.3	0.30			0.01	5.5						
		iSg	18	13	27.8											
		m	18	13	28.5	0.16			0.06					0.9		

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	18	13	28.6	0.28	0.09	0.04					0.6			
TRSU	21	eSg	18	13	29.0											
BRIU	23	ePg	18	13	25.8						5.5	30				0.8
		eSg	18	13	29.7											
		m	18	13	31.5	0.14			0.04					0.8		

№ 6. 22 января. Закарпатье, р-н г. Хуст.

$\theta=19ч\ 54мин\ 6.7с$; $\varphi=48.17^{\circ}N$; $\lambda=23.24^{\circ}E$; $h=1\ км$;
 $MD=0.7(2)$; $Kp=5.3(1)$; $KD=5.3(2)$; $ML=0.7(2)$; $MSH=0.5(1)$;

NSLU	16	ePg	19	54	9.7						5.3	27				0.7
		Pm	19	54	10.5	0.40			0.02	5.3						
		iSg	19	54	12.4											
		Sm	19	54	12.9	0.28	0.05	0.06					0.5			
		m	19	54	13.6	0.16			0.05					0.7		
TRSU	23	eSg	19	54	14.6											
BRIU	25	ePg	19	54	11.2						5.3	27				0.7
		eSg	19	54	15.2											
		m	19	54	15.6	0.20			0.03					0.7		

№ 7. 22 января. Закарпатье, р-н г. Хуст.

$\theta=19ч\ 58мин\ 1с$; $\varphi=48.17^{\circ}N$; $\lambda=23.25^{\circ}E$; $h=1\ км$;
 $MD=0.9(2)$; $Kp=5.4(1)$; $KD=5.6(2)$; $ML=0.9(2)$; $MSH=0.6(1)$;

NSLU	16	ePg	19	58	4.0						5.7	32				0.9
		Pm	19	58	4.2	0.40			0.01	5.4						
		iSg	19	58	6.6											
		Sm	19	58	7.1	0.35	0.09	0.06					0.6			
		m	19	58	7.2	0.17			0.07					0.9		
TRSU	23	eSg	19	58	9.0											
BRIU	25	ePg	19	58	5.5						5.6	31				0.9
		eSg	19	58	9.6											
		m	19	58	11.2	0.10			0.05					1.0		

№ 8. 22 января. Закарпатье, р-н г. Хуст.

$\theta=21ч\ 24мин\ 18.1с$; $\varphi=48.18^{\circ}N$; $\lambda=23.25^{\circ}E$; $h=1\ км$;
 $MD=1.0(2)$; $Kp=5.6(1)$; $KD=5.7(2)$; $ML=1.0(2)$; $MSH=0.8(1)$;

NSLU	16	ePg	21	24	21.0						5.7	33				1.0
------	----	-----	----	----	------	--	--	--	--	--	-----	----	--	--	--	-----

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	21	24	21.9	0.20			0.01	5.6						
		iSg	21	24	23.7											
		Sm	21	24	24.1	0.35	0.14	0.07					0.8			
		m	21	24	24.8	0.15			0.09					1.0		
TRSU	23	eSg	21	24	26.0											
BRIU	24	iPg	21	24	22.5						5.7	33				1.0
		eSg	21	24	26.6											
		m	21	24	27.1	0.16			0.05					0.9		

№ 9. 23 января. Закарпатье, р-н г.Хуст.

$t=3ч 18мин 17.1с$; $\varphi=48.16^{\circ}N$; $\lambda=23.26^{\circ}E$; $h=5 км$;

$MD=1.6(8)$; $Kp=7.1(6)$; $KD=6.9(8)$; $ML=1.5(8)$; $MSH=1.5(6)$;

NSLU	15	ePg	3	18	20.3						7.0	62				1.7
		Pm	3	18	20.4	0.12			0.05	7.1						
		iSg	3	18	23.0											
		Sm	3	18	23.6	0.22	0.80	0.40					1.5			
		m	3	18	24.5	0.22			0.44					1.7		
TRSU	23	iPg	3	18	21.5						7.1	63				1.7
		Pm	3	18	21.7	0.10			0.10	6.9						
		eSg	3	18	25.7											
		Sm	3	18	26.1	0.16	0.40	0.40					1.6			
		m	3	18	26.9	0.15			0.23					1.6		
BRIU	26	iPg	3	18	21.9						7.0	61				1.7
		Pm	3	18	22.1	0.17			0.04	7.6						
		eSg	3	18	26.1											
		m	3	18	26.2	0.20			0.30					1.8		
		Sm	3	18	26.2	0.16	0.80	0.00					1.8			
MEZ	44	iPg	3	18	25.0						6.9	59				1.6
		eSg	3	18	31.7											
		m	3	18	31.8	0.23			0.01					0.6		
BERU	46	ePg	3	18	24.7						6.7	52				1.5
		m	3	18	31.8	0.52			0.02					0.9		
		iSg	3	18	31.8											
MUKU	53	ePg	3	18	26.3						6.6	51				1.5
		Pm	3	18	26.8	0.10			0.00	7.0						
		eSg	3	18	34.4											
		Sm	3	18	34.7	0.20	0.08	0.07					1.3			
		m	3	18	35.2	0.65			0.05					1.4		

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
RAKU	69	iPg	3	18	29.5						7.0	62				1.7
		Pm	3	18	29.6	0.40			0.00	7.0						
		m	3	18	29.7	0.12			0.11					1.8		
		eSg	3	18	38.5											
		Sm	3	18	39.0	0.35	0.05	0.02					1.2			
UZH	88	eSg	3	18	45.4											
STZU	106	ePg	3	18	36.1						7.1	63				1.7
		Pm	3	18	38.4	0.50			0.01	7.1						
		eSg	3	18	49.6											
		Sm	3	18	53.1	0.50	0.02	0.02					1.1			
		m	3	18	55.2	0.30			0.02					1.3		

№ 10. 23 января. Закарпатье, р-н г.Хуст.

$\theta=8ч\ 8мин\ 59.7с$; $\varphi=48.17^{\circ}N$; $\lambda=23.24^{\circ}E$; $h=1\ км$;

$MD=1.5(2)$; $Kp=6.9(2)$; $KD=6.6(2)$; $ML=1.4(2)$; $MSH=1.3(2)$;

NSLU	16	ePg	8	9	3.0						6.6	50				1.4
		Pm	8	9	3.8	0.14			0.04	6.5						
		eSg	8	9	5.2											
		m	8	9	5.7	0.17			0.20					1.4		
		Sm	8	9	5.8	0.22	0.30	0.16					1.1			
TRSU	23	eSg	8	9	7.4											
BRIU	25	ePg	8	9	4.1						6.6	50				1.4
		Pm	8	9	4.4	0.12			0.03	7.4						
		eSg	8	9	8.2											
		m	8	9	8.9	0.13			0.12					1.3		
		Sm	8	9	9.5	0.15	0.50	0.02					1.5			

№ 11. 23 января. Закарпатье, р-н г.Хуст.

$\theta=9ч\ 54мин\ 46.3с$; $\varphi=48.2^{\circ}N$; $\lambda=23.23^{\circ}E$; $h=1\ км$;

$MD=1.2(1)$; $Kp=5.9(1)$; $KD=6.1(1)$; $ML=1.2(1)$; $MSH=1.0(1)$;

NSLU	17	ePg	9	54	49.8						6.1	40				1.2
		Pm	9	54	49.9	0.10			0.01	5.9						
		iSg	9	54	51.6											
		Sm	9	54	52.3	0.15	0.20	0.13					1.0			
		m	9	54	52.4	0.15			0.15					1.2		
BRIU	22	eSg	9	54	53.8											
TRSU	23	eSg	9	54	54.2											

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

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

№ 12. 24 января. Румыния, р-н Бакэу.

$t=13ч\ 35мин\ 5.3с$; $\varphi=47^{\circ}N$; $\lambda=26.79^{\circ}E$; $h=5\ км$;

$MD=2.7(6)$; $Kp=8.5(1)$; $KD=8.9(6)$; $MSH=2.0(1)$;

CHRU	159	eSn	13	35	51.8											
KMPU	176	ePn	13	35	33.7						8.9	154				2.7
		iSn	13	35	54.3											
NDNU	183	iPn	13	35	35.3						9.4	194				3.0
		eSn	13	35	56.1											
KSV	195	ePn	13	35	37.0						8.7	139				2.6
		eSn	13	36	0.7											
RAKU	228	ePn	13	35	41.3						8.5	123				2.5
		Pm	13	35	44.7	1.20			0.05	8.5						
		eSn	13	36	8.2											
		Sm	13	36	15.0	0.90	0.05	0.05					2.0			
STNU	256	ePn	13	35	44.2						8.8	143				2.6
		eSn	13	36	14.0											
NSLU	283	eSn	13	36	20.7											
LUBU	340	ePn	13	35	54.9						8.9	152				2.7
		eSn	13	36	32.5											

№ 13. 27 января. Закарпатье, р-н г. Хуст.

$t=6ч\ 46мин\ 58.5с$; $\varphi=48.19^{\circ}N$; $\lambda=23.23^{\circ}E$; $h=1\ км$;

$MD=1.0(1)$; $Kp=5.6(1)$; $KD=5.7(1)$; $ML=1.0(1)$; $MSH=0.8(1)$;

NSLU	17	ePg	6	47	1.9						5.7	33				1.0
		Pm	6	47	2.1	0.10			0.01	5.6						
		iSg	6	47	4.1											
		Sm	6	47	4.6	0.20	0.13	0.06					0.8			
		m	6	47	4.8	0.20			0.08					1.0		
TRSU	23	eSg	6	47	6.1											
BRIU	23	eSg	6	47	6.2											

№ 14. 1 февраля. Закарпатье, р-н г. Хуст.

$t=18ч\ 40мин\ 24.4с$; $\varphi=48.17^{\circ}N$; $\lambda=23.26^{\circ}E$; $h=1\ км$;

$MD=0.6(2)$; $Kp=4.8(1)$; $KD=5.0(2)$; $ML=0.5(2)$; $MSH=0.3(1)$;

NSLU	15	ePg	18	40	27.0						5.1	24				0.6
------	----	-----	----	----	------	--	--	--	--	--	-----	----	--	--	--	-----

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	18	40	27.4	0.12			0.01	4.8						
		iSg	18	40	30.0											
		Sm	18	40	30.7	0.15	0.05	0.03					0.3			
		m	18	40	31.2	0.16			0.03					0.4		
TRSU	24	eSg	18	40	32.6											
BRIU	25	ePg	18	40	29.1						5.0	23				0.6
		iSg	18	40	33.2											
		m	18	40	33.9	0.10			0.02					0.6		

№ 15. 2 февраля. Закарпатье, р-н г.Хуст.

$t=6ч\ 48мин\ 58.2с$; $\varphi=48.17^{\circ}N$; $\lambda=23.22^{\circ}E$; $h=1\ км$;

$MD=1.4(2)$; $Kp=6.6(2)$; $KD=6.5(2)$; $ML=1.3(2)$; $MSH=1.3(2)$;

NSLU	17	ePg	6	49	2.1						6.5	47				1.4
		Pm	6	49	2.4	0.16			0.03	6.5						
		iSg	6	49	3.8											
		Sm	6	49	4.3	0.25	0.28	0.18					1.2			
		m	6	49	5.0	0.18			0.19					1.4		
TRSU	22	eSg	6	49	5.4											
BRIU	24	ePg	6	49	2.6						6.4	47				1.4
		Pm	6	49	2.8	0.10			0.02	6.8						
		eSg	6	49	6.3											
		m	6	49	6.9	0.20			0.12					1.3		
		Sm	6	49	6.9	0.17	0.33	0.00					1.3			

№ 16. 2 февраля. Закарпатье, р-н г. Хуст.

$t=22ч\ 9мин\ 49.6с$; $\varphi=48.16^{\circ}N$; $\lambda=23.23^{\circ}E$; $h=1\ км$;

$MD=0.9(2)$; $Kp=5.0(1)$; $KD=5.5(2)$; $ML=0.6(2)$; $MSH=0.4(1)$;

NSLU	17	ePg	22	9	52.8						5.4	28				0.8
		Pm	22	9	53.6	0.10			0.01	5.0						
		iSg	22	9	55.5											
		Sm	22	9	56.1	0.20	0.05	0.02					0.4			
		m	22	9	56.7	0.13			0.03					0.6		
TRSU	22	eSg	22	9	57.0											
BRIU	25	ePg	22	9	54.5						5.7	32				0.9
		iSg	22	9	58.2											
		m	22	9	58.7	0.18			0.03					0.8		

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

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

№ 17. 4 февраля. Закарпатье, р-н г. Хуст.

0=11ч 0мин 18.6с; $\varphi=48.18^{\circ}N$; $\lambda=23.25^{\circ}E$; $h=1$ км;

MD=1.1(2); $K_p=6.1(2)$; $KD=6.0(2)$; $ML=1.0(2)$; $MSH=1.0(2)$;

NSLU	16 ePg	11	0	21.4							6.0	38				1.1
	Pm	11	0	23.2	0.13				0.02	5.8						
	iSg	11	0	24.2												
	Sm	11	0	24.5	0.20	0.14	0.10						0.8			
	m	11	0	24.9	0.16				0.11					1.1		
TRSU	23 eSg	11	0	26.6												
BRIU	25 ePg	11	0	23.0							5.9	37				1.1
	Pm	11	0	23.5	0.10				0.01	6.5						
	iSg	11	0	27.1												
	m	11	0	27.3	0.17				0.06					1.0		
	Sm	11	0	27.3	0.14	0.20	0.00						1.1			

№ 18. 5 февраля. Черновицкая обл., р-н г. Новоднестровск.

0=0ч 51мин 26.7с; $\varphi=48.57^{\circ}N$; $\lambda=27.45^{\circ}E$; $h=2$ км;

MD=1.4(3); $KD=6.5(3)$; $ML=1.4(1)$;

NDNU	6,4 eP	0	51	27.6							6.1	40				1.2
	eS	0	51	28.5												
	m	0	51	28.8	0.15				0.60					1.4		
KSV	178 eP	0	51	54.7							6.5	48				1.4
	eS	0	52	15.9												
STNU	217 eP	0	52	0.8							6.9	58				1.6
	eS	0	52	25.1												
LUBU	251 eS	0	52	34.6												

№ 19. 7 февраля. Закарпатье, р-н г. Хуст.

0=17ч 40мин 55.2с; $\varphi=48.19^{\circ}N$; $\lambda=23.23^{\circ}E$; $h=1$ км;

MD=0.6(2); $K_p=4.4(2)$; $KD=5.0(2)$; $ML=0.6(2)$; $MSH=0.4(2)$;

KORU	8,2 ePg	17	40	56.6							5.0	23				0.6
	Pm	17	40	56.8	0.20				0.04	3.9						
	iSg	17	40	58.5												
	Sm	17	40	58.7	0.13	0.02	0.02						0.3			
	m	17	41	2.7	0.23				0.10					0.7		
NSLU	17 ePg	17	40	58.6							5.0	24				0.6

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	17	40	59.6	0.14			0.01	4.9						
		iSg	17	41	0.9											
		Sm	17	41	1.5	0.16	0.05	0.03					0.4			
		m	17	41	1.6	0.16			0.03						0.5	
BRIU	22	eSg	17	41	2.8											
TRSU	23	eSg	17	41	2.9											

№ 20. 14 февраля. Карпаты, р-н Вранча

$\theta=17^{\text{ч}} 24^{\text{мин}} 50.7^{\text{с}}$; $\varphi=45.56^{\circ}\text{N}$; $\lambda=26.35^{\circ}\text{E}$; $h=135.2$ км;

$MD=2.6(9)$; $Kp=8.9(2)$; $KD=8.6(9)$; $MSH=2.4(2)$;

GIUM	145 P	17	25	17.9												
	S	17	25	37.8												
KSV	321 eP	17	25	36.3							8.3	116				2.4
KMPU	334 eS	17	26	11.1												
NDNU	346 eP	17	25	39.5								8.5	123			2.5
	Pm	17	25	39.8	0.30				0.06	9.3						
	eS	17	26	14.2												
	Sm	17	26	15.5	0.40	0.01	0.02						2.5			
NSLU	366 eP	17	25	42.2							8.4	122				2.5
STNU	377 eP	17	25	44.0							8.4	122				2.5
MEZ	392 eP	17	25	45.4							8.5	123				2.5
MUKU	425 eP	17	25	49.1							8.6	128				2.5
LUBU	473 eP	17	25	55.3							8.6	128				2.5
STZU	476 eP	17	25	56.1							8.6	132				2.6
SEV	587 eP	17	26	8.4							9.9	120				3.3
	Pm	17	26	9.6	0.25					8.5						
	eS	17	27	6.7												
	Sm	17	27	9.3	0.46	0.00	0.00						2.3			

№ 21. 24 февраля. Карпаты, р-н Вранча

$\theta=2^{\text{ч}} 35^{\text{мин}} 9.4^{\text{с}}$; $\varphi=45.76^{\circ}\text{N}$; $\lambda=26.57^{\circ}\text{E}$; $h=137$ км;

$MD=3.7(12)$; $Kp=10.1(2)$; $KD=10.6(12)$; $MSH=3.0(2)$;

GIUM	131 P	2	35	34.7												
	S	2	35	53.3												
LEOM	152 P	2	35	36.9												
	S	2	35	57.3												
KIS	221 P	2	35	43.7												

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		S	2	36	8.5											
KMPU	312	ePn	2	35	53.6						10.6	349				3.7
NDNU	321	ePn	2	35	54.9						10.8	376				3.8
NSLU	360	ePn	2	36	0.1						10.6	347				3.7
KORU	373	ePn	2	36	1.3						10.5	332				3.6
TRSU	378	ePn	2	36	2.4						10.6	337				3.6
BRIU	393	ePn	2	36	4.2						10.6	335				3.6
BERU	405	ePn	2	36	5.3						10.6	336				3.7
MUKU	420	ePn	2	36	7.3						10.6	341				3.7
		Pm	2	36	7.9	0.30			0.10	10.0						
		eSn	2	36	51.8											
		Sm	2	37	5.2	0.30	0.02	0.01					2.6			
UZH	454	ePn	2	36	11.8						10.5	325				3.6
LUBU	457	ePn	2	36	11.9						10.7	355				3.7
STZU	468	ePn	2	36	13.3						10.8	370				3.8
SUDU	666	P	2	36	28.2						10.1	145				3.4
		Pm	2	36	28.5	0.27			0.00	10.2						
		S	2	37	26.3											
		Sm	2	37	26.6	0.44	0.00	0.03					3.4			

№ 22. 27 февраля. Карпаты, р-н Вранча

$t=21ч 13мин 8.4с$; $\varphi=45.56^{\circ}N$; $\lambda=26.51^{\circ}E$; $h=143.7 км$;

$MD=3.5(8)$; $Kp=9.9(5)$; $KD=10.3(8)$; $MSH=3.2(5)$;

GIUM	132	P	21	13	34.8											
		S	21	13	54.5											
KIS	239	P	21	13	46.2											
		S	21	14	12.3											
SORM	319	P	21	13	54.4											
KSV	325	eP	21	13	54.9											
		iS	21	14	31.0											
KMPU	334	iP	21	13	56.3						10.5	322				3.6
		iS	21	14	32.6											
NDNU	344	-iP	21	13	57.6						10.4	305				3.5
		Pm	21	13	58.1	0.20			0.36	9.8						
		iS	21	14	33.4											
		Sm	21	14	33.5	0.75	0.05	0.04					2.8			
TRSU	391	eP	21	14	2.4						9.9	260				3.3
		Pm	21	14	29.0	0.80			0.03	9.1						

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		iS	21	14	44.2											
		Sm	21	15	26.2	1.00	0.05	0.03					3.0			
MORS	443	iP	21	14	9.0						10.1	284				3.4
		iS	21	14	55.6											
LUBU	477	eP	21	14	12.6						10.5	337				3.6
GIUM	132	P	21	13	34.8											
		S	21	13	54.5											
KIS	239	P	21	13	46.2											
		S	21	14	12.3											
SORM	319	P	21	13	54.4											
KSV	325	eP	21	13	54.9											
		iS	21	14	31.0											
KMPU	334	iP	21	13	56.3						10.5	322				3.6
		iS	21	14	32.6											
NDNU	344	-iP	21	13	57.6						10.4	305				3.5
		Pm	21	13	58.1	0.20			0.36	9.8						
		iS	21	14	33.4											
		Sm	21	14	33.5	0.75	0.05	0.04					2.8			
TRSU	391	eP	21	14	2.4						9.9	260				3.3

№ 23. 7 марта. Карпаты, р-н Вранча

$\theta=9ч\ 52мин\ 28.4с$; $\varphi=45.65^{\circ}N$; $\lambda=26.45^{\circ}E$; $h=145\ км$;

$MD=3.8(13)$; $Kp=10.3(8)$; $KD=10.8(13)$; $MSH=3.0(8)$;

GIUM	138	P	9	52	55.5											
		S	9	53	14.6											
LEOM	166	P	9	52	57.8											
		S	9	53	19.9											
KIS	236	P	9	53	4.6											
KMPU	324	ePn	9	53	13.7						11.1	425				3.9
NDNU	335	ePn	9	53	15.0						10.9	392				3.8
KORU	376	ePn	9	53	20.4						10.9	398				3.9
TRSU	380	iPn	9	53	20.5						10.8	372				3.8
MEZ	389	ePn	9	53	22.3						10.8	381				3.8
		Pm	9	53	24.2	0.30			0.03	9.7						
		eSn	9	54	4.5											
		Sm	9	54	7.3	0.20	0.04	0.01					2.8			
BRIU	396	ePn	9	53	22.8						11.0	404				3.9
BERU	408	ePn	9	53	23.7						10.9	403				3.9

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	9	53	25.7	0.40			0.13	10.4						
		eSn	9	54	8.5											
		Sm	9	54	12.6	0.30	0.01	0.02					2.6			
MUKU	423	ePn	9	53	25.7						10.8	381				3.8
		Pm	9	53	26.1	0.40			0.08	10.4						
		eSn	9	54	11.0											
		Sm	9	54	11.8	0.20	0.03	0.01					2.8			
STZU	473	ePn	9	53	32.5						10.9	390				3.8
SEV	581	P	9	53	44.5						10.7	190				3.7
		Pm	9	53	44.7	0.37			0.02	10.2						
		S	9	54	43.2											
		Sm	9	54	46.4	0.62	0.00	0.01					3.1			
SIM	604	P	9	53	46.8						10.5	172				3.6
		Pm	9	53	47.6	0.47			0.05	11.2						
		S	9	54	47.5											
		Sm	9	54	53.3	1.15	0.06	0.08					3.4			
YAL	618	P	9	53	48.8						10.5	172				3.6
		Pm	9	53	49.2	0.63			0.01	9.8						
		S	9	54	50.9											
		Sm	9	54	54.0	0.59	0.01	0.01					2.9			
ALU	632	P	9	53	49.9											
		Pm	9	53	50.0	0.30			0.01	9.9						
		S	9	54	52.5											
		Sm	9	54	58.2	0.54	0.01	0.01					2.9			
SUDU	674	P	9	53	54.5						10.5	168				3.6
		Pm	9	53	55.2	0.61			0.02	11.1						
		S	9	55	2.0											
		Sm	9	55	6.7	0.51	0.03	0.06					3.7			

№ 24. 7 марта. Карпаты, р-н Вранча

$t=22ч\ 34мин\ 28.3с$; $\varphi=45.63^{\circ}N$; $\lambda=26.46^{\circ}E$; $h=144\ км$;

$MD=3.6(8)$; $Kp=10.0(6)$; $KD=10.5(8)$; $MSH=2.9(6)$;

GIUM	137	P	22	34	55.5											
		S	22	35	15.2											
KIS	236	P	22	35	3.6											
		S	22	35	31.8											
NDNU	337	ePn	22	35	15.0						10.9	287				3.9
BRIU	398	ePn	22	35	22.4						10.8	283				3.8

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	22	35	24.2	0.30			0.06	10.2						
		iSn	22	36	4.6											
		Sm	22	36	5.3	0.30	0.06	0.01					3.0			
BERU	409	ePn	22	35	23.6						10.2	279				3.4
MUKU	424	ePn	22	35	25.2						10.9	265				3.8
SEV	580	P	22	35	44.4						10.1	141				3.4
		Pm	22	35	44.5	0.25			0.01	9.7						
		S	22	36	43.0											
		Sm	22	36	45.1	0.75	0.01	0.01					3.0			
SIM	603	P	22	35	46.8											
		Pm	22	35	49.9	0.39			0.01	10.4						
		S	22	36	47.2											
		Sm	22	36	53.4	0.96	0.02	0.04					2.8			
YAL	617	P	22	35	48.6						10.7	192				3.7
		Pm	22	35	59.2	0.84			0.01	9.5						
		S	22	36	49.6											
		Sm	22	36	55.4	0.56	0.00	0.00					2.5			
ALU	631	P	22	35	49.8						10.3	150				3.5
		Pm	22	35	50.0	0.58			0.01	9.6						
		S	22	36	53.9											
		Sm	22	36	54.0	0.45	0.00	0.00					2.6			
SUDU	673	P	22	35	55.1						9.9	131				3.3
		Pm	22	35	56.4	0.43			0.01	10.8						
		S	22	37	3.7											
		Sm	22	37	6.8	0.61	0.02	0.04					3.5			

№ 25. 14 марта. Черновицкая обл., р-н г. Новоднестровск.

$\theta=16^{\circ} 23'$ мин 29.9° с; $\varphi=48.49^{\circ}$ N; $\lambda=27.28^{\circ}$ E; $h=2$ км;

$MD=1.2(2)$; $KD=6.1(2)$; $ML=1.0(1)$;

NDNU	13-eP	16	23	32.2						6.1	39					1.2
	eS	16	23	33.5												
	m	16	23	35.6	0.15			0.13					1.0			
KMPU	61 eP	16	23	39.9							6.2	41				1.2
	eS	16	23	46.7												
KSV	165 eS	16	24	15.7												
STNU	206 eS	16	24	25.7												
LUBU	244 eS	16	24	36.3												

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

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

№ 26. 16 марта. Закарпатье, р-н с. Долгое.

$t=19ч\ 50мин\ 38.5с; \varphi=48.36^{\circ}N; \lambda=23.26^{\circ}E; h=1\ км;$
 $MD=1.4(2); Kp=7.0(2); KD=6.5(2); ML=1.3(2); MSH=1.4(2);$

BRIU	18 iPg	19	50 41.8								6.7	52				1.5
	Pm	19	50 42.3 0.12					0.06	7.3							
	iSg	19	50 44.6													
	m	19	50 44.6 0.20					0.25						1.5		
	Sm	19	50 45.1 0.14	0.80	0.00								1.5			
KORU	24 eSg	19	50 46.5													
MEZ	26 ePg	19	50 44.0								6.4	45				1.3
	Pm	19	50 44.3 0.13					0.01	6.7							
	iSg	19	50 47.0													
	Sm	19	50 47.7 0.12	0.16	0.16								1.2			
	m	19	50 48.5 0.13					0.05						1.0		
TRSU	37 eSg	19	50 51.1													

№ 27. 2 апреля. Румыния, р-н Бакэу.

$t=19ч\ 28мин\ 26.2с; \varphi=46.89^{\circ}N; \lambda=27.83^{\circ}E; h=8\ км;$
 $MD=2.3(5); Kp=8.9(2); KD=8.1(5); MSH=2.0(2);$

NDNU	193 iP	19	28 57.3								8.2	110				2.4
	Pm	19	28 58.8 0.20					0.12	8.7							
	iS	19	29 19.7													
	Sm	19	29 21.2 0.30	0.03	0.02								1.6			
CHRU	212 eP	19	28 58.8								7.9	94				2.2
	Pm	19	29 2.4 0.40					0.02	9.1							
	iS	19	29 24.1													
	Sm	19	29 25.1 0.25	0.21	0.14								2.5			
KMPU	212 eP	19	29 0.3								7.7	84				2.0
	iS	19	29 23.4													
KSV	261 iP	19	29 5.4								8.2	110				2.4
	iS	19	29 35.9													
MORS	385 eP	19	29 22.3								8.2	107				2.3
	iS	19	30 4.2													

№ 28. 8 апреля. Карпаты, р-н Вранча

$t=19ч\ 54мин\ 48.6с; \varphi=45.67^{\circ}N; \lambda=26.54^{\circ}E; h=144.5\ км;$
 $MD=2.7(7); Kp=8.7(2); KD=8.8(7); MSH=2.6(3);$

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
GIUM	131 P		19	55	15.2											
	S		19	55	34.2											
KIS	229 S		19	55	50.4											
KSV	315 iP		19	55	33.6						8.3	112				2.4
NDNU	331 iS		19	56	11.5											
NSLU	366+iP		19	55	40.4						8.6	129				2.5
	Pm		19	55	41.2	0.70			0.04	8.8						
	iS		19	56	21.2											
	Sm		19	56	26.6	0.20	0.00	0.02					2.5			
KORU	379+iP		19	55	41.3						8.5	124				2.5
	eS		19	56	23.7											
BERU	411 iP		19	55	45.7						8.5	123				2.5
MUKU	426 iP		19	55	47.1						8.9	153				2.7
LUBU	466 iP		19	55	52.0						8.6	132				2.6
	iS		19	56	41.7											
SEV	574 eP		19	56	4.4						10.1	143				3.4
	Pm		19	56	4.9	0.56			0.00	8.6						
	eS		19	57	3.0											
	Sm		19	57	3.8	0.37	0.00	0.00					2.4			
SUDU	667 eS		19	57	23.0											
	Sm		19	57	25.0	0.50	0.01	0.01					2.9			

№ 29. 9 апреля. Карпаты, р-н Вранча

$0=18ч\ 36мин\ 46.2с$; $\varphi=45.84^{\circ}N$; $\lambda=26.64^{\circ}E$; $h=81.8\ км$;
 $MD=4.2(23)$; $Kp=12.2(12)$; $KD=11.5(23)$; $MSH=4.4(12)$;

GIUM	128 P		18	37	8.3											
	S		18	37	23.9											
LEOM	142 P		18	37	9.5											
	S		18	37	27.1											
KIS	211 P		18	37	18.0											
	S		18	37	40.0											
CHRU	279 iP		18	37	25.1						11.7	586				4.3
	Pm		18	37	26.9	0.20			0.46	12.2						
	iS		18	37	55.2											
	Sm		18	37	57.2	0.70	7.74	6.86					5.0			
KSV	300 eP		18	37	28.8						11.7	585				4.3
	iS		18	38	0.5											

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
KMPU	304	eP	18	37	29.0						11.7	584				4.3
		iS	18	37	60.0											
NDNU	312	iP	18	37	29.3						11.7	585				4.3
		Pm	18	37	30.3	0.10			1.05	11.4						
		iS	18	38	3.1											
		Sm	18	38	13.9	0.35	0.50	1.09					4.2			
NSLU	357	eP	18	37	35.3						11.7	584				4.3
		Pm	18	37	45.3	0.50			0.66	11.4						
		iS	18	38	13.0											
		Sm	18	38	37.8	1.00	1.09	0.23					4.2			
STNU	358	iP	18	37	36.3						11.7	585				4.3
		iS	18	38	13.3											
KORU	371	+iP	18	37	37.0						11.7	585				4.3
		eS	18	38	16.5											
TRSU	376	iP	18	37	37.6						11.7	574				4.3
		iS	18	38	17.0											
MEZ	380	iP	18	37	38.8						11.7	577				4.3
		Pm	18	37	39.7	0.60			0.39	11.5						
		iS	18	38	18.5											
		Sm	18	38	18.8	0.90	1.34	0.30					4.3			
BERU	404	-iP	18	37	40.6						11.7	588				4.3
		iS	18	38	23.2											
MUKU	417	-iP	18	37	42.5						11.7	584				4.3
MORS	421	iP	18	37	43.3						11.7	580				4.3
		iS	18	38	27.8											
SHIU	450	eP	18	37	47.0						11.7	580				4.3
		eS	18	38	33.5											
LUBU	451	eP	18	37	47.8						11.7	585				4.3
UZH	452	iP	18	37	47.0						11.7	564				4.3
STZU	465	-iP	18	37	49.4						11.7	563				4.3
		iS	18	38	38.0											
LVV	484	iP	18	37	51.7						11.7	565				4.3
		Pm	18	37	53.0	0.40			0.40	11.8						
		iS	18	38	41.3											
		Sm	18	38	44.2	0.90	1.16	0.94					4.5			
SEV	570	eP	18	38	1.2						11.2	274				4.0
		Pm	18	38	1.9	0.34			0.48	12.4						
		eS	18	38	57.0											
		Sm	18	38	59.7	0.44	0.31	0.23					4.4			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
SIM	592 eP		18	38	4.0						11.0	257				3.9	
		Pm	18	38	5.1	0.57			0.38	13.0							
		eS	18	39	1.3												
		Sm	18	39	3.6	1.13	0.68	1.00						4.4			
YAL	607 eP		18	38	5.6												
		Pm	18	38	7.1	0.44			0.17	12.3							
		eS	18	39	5.1												
		Sm	18	39	11.8	0.73	0.25	0.35						4.2			
ALU	620 eP		18	38	6.6						10.7	204				3.7	
		Pm	18	38	10.6	0.37			0.08	11.6							
		eS	18	39	7.3												
		Sm	18	39	12.9	0.48	0.10	0.15						4.0			
SUDU	661 eP		18	38	10.8						11.2	198				4.0	
		Pm	18	38	12.1	0.52			0.35	13.2							
		eS	18	39	15.1												
		Sm	18	39	21.2	0.50	0.49	0.96						4.9			
FEO	685 eP		18	38	14.8						10.7	210				3.7	
		Pm	18	38	15.8	0.29			0.05	12.7							
		eS	18	39	23.9												
		Sm	18	39	29.1	0.46	0.46	0.28						4.3			
KERU	766 eP		18	38	28.5						11.2	281				4.0	
		Pm	18	39	44.7	0.81			0.09	12.5							
		-eS	18	39	46.8												
		Sm	18	39	53.5	0.87	0.15	0.20						4.0			

№ 30. 25 апреля. Венгрия.

$\theta=22\text{ч } 26\text{мин } 12\text{с}; \varphi=48.34^{\circ}\text{N}; \lambda=21.65^{\circ}\text{E}; h=1.5\text{ км};$
 $MD=1.6(6); Kp=7.6(6); KD=6.8(6); ML=1.5(6); MSH=1.4(6);$

UZH	57 eSg		22	26	30.6												
MUKU	78 ePg		22	26	25.8						6.8	55				1.6	
		Pm	22	26	26.2	0.10			0.01	7.1							
		eSg	22	26	38.8												
		m	22	26	41.2	0.15			0.01						0.9		
TRSU	101 ePg		22	26	31.4						6.6	51				1.5	
		Pm	22	26	31.9	0.10			0.01	7.6							
		eSg	22	26	45.9												
		Sm	22	26	48.1	0.18	0.04	0.05						1.5			

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		m	22	26	48.4	0.10			0.04					1.6		
STZU	104	iPg	22	26	31.8						6.9	58				1.6
		m	22	26	32.8	0.20			0.04					1.6		
		Pm	22	26	33.0	0.20			0.04	7.9						
		eSg	22	26	47.1											
		Sm	22	26	48.6	0.45	0.04	0.03					1.4			
KORU	112	ePg	22	26	33.0						6.9	58				1.6
		Pm	22	26	34.9	0.50			0.03	7.8						
		eSg	22	26	48.5											
		Sm	22	26	50.4	0.35	0.00	0.04					1.3			
		m	22	26	54.5	0.65			0.10					2.1		
NSLU	135	ePg	22	26	37.9						7.1	63				1.7
		Pm	22	26	40.1	0.20			0.00	7.8						
		eSg	22	26	55.7											
		Sm	22	26	58.2	0.25	0.06	0.03					1.6			
		m	22	26	59.3	0.20			0.03					1.7		
MEZ	139	ePg	22	26	38.7						6.8	55				1.6
		Pm	22	26	41.5	0.40			0.01	7.5						
		eSg	22	26	56.8											
		Sm	22	26	57.2	0.30	0.03	0.03					1.5			
		m	22	27	1.1	0.17			0.01					1.2		

№ 31. 9 мая. Румыния, р-н Вранча.

$t=0ч 15мин 29.2с$; $\varphi=45.59^{\circ}N$; $\lambda=26.28^{\circ}E$; $h=7 км$;

$MD=2.7(8)$; $Kp=8.5(3)$; $KD=8.8(8)$; $MSH=2.0(3)$;

CHRU	302	ePn	0	16	14.1						8.5	123				2.5
		eSn	0	16	48.1											
KSV	317	ePn	0	16	16.6						8.8	142				2.6
		eSn	0	16	51.2											
SORM	324	P	0	16	16.2											
KMPU	331	ePn	0	16	18.5						8.7	138				2.6
		eSn	0	16	55.3											
NDNU	344	ePn	0	16	18.8						8.6	132				2.6
		Pm	0	16	30.6	0.30			0.02	8.0						
		eSn	0	16	57.8											
		Sm	0	17	12.0	0.65	0.01	0.01					1.5			
NSLU	361	ePn	0	16	22.8						9.1	170				2.9
		Pm	0	16	36.5	1.50			0.04	8.8						

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		eSn	0	17	1.5											
		Sm	0	17	34.3	1.40	0.04	0.02					2.0			
STNU	372	ePn	0	16	23.1						9.0	158				2.8
		eSn	0	17	4.4											
LUBU	468	ePn	0	16	36.1						8.6	129				2.5
		eSn	0	17	25.3											
STZU	470	ePn	0	16	36.0						9.1	163				2.8
		Pm	0	16	39.3	1.50			0.01	8.5						
		eSn	0	17	26.9											
		Sm	0	18	11.0	1.70	0.01	0.02					1.9			

№ 32. 25 мая. Карпаты, Вранча.

$t=21$ ч 30мин 36.8с; $\varphi=45.54^\circ N$; $\lambda=26.57^\circ E$; $h=137.6$ км;

$MD=4.0(20)$; $Kp=11.3(15)$; $KD=11.2(20)$; $MSH=4.0(15)$;

GIUM	128P		21	31	2.9											
		S	21	31	21.3											
LEOM	166P		21	31	5.5											
		S	21	31	27.2											
KIS	237P		21	31	13.5											
CHRU	311	iP	21	31	21.9						11.2	456				4.0
		Pm	21	31	23.9	0.30			0.13	11.4						
		iS	21	31	56.2											
		Sm	21	31	57.4	0.45	2.59	1.46					4.6			
KSV	329	iP	21	31	24.1											
		eS	21	32	0.5											
RAKU	331	-iP	21	31	24.1						11.3	477				4.0
		Pm	21	31	24.7	0.50			1.22	11.5						
		iS	21	32	0.0											
		Sm	21	32	27.3	1.00	0.92	0.31					4.1			
KMPU	336	iP	21	31	24.2						11.2	455				4.0
		iS	21	31	59.1											
NDNU	345	+iP	21	31	25.4						11.2	455				4.0
		Pm	21	31	25.6	0.20			1.28	11.3						
		iS	21	32	0.7											
		Sm	21	32	3.9	0.40	0.43	0.19					3.8			
NSLU	378	+iP	21	31	29.5						11.2	455				4.0
		Pm	21	31	31.9	0.60			0.45	11.4						
		iS	21	32	10.9											

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	21	32	40.0	1.15	1.13	0.30					4.3			
STNU	386	+iP	21	31	30.9						11.3	486				4.1
		eS	21	32	12.4											
TRSU	395	iP	21	31	32.3						11.2	455				4.0
		Pm	21	31	32.9	0.50			0.29	10.6						
		iS	21	32	14.5											
		Sm	21	32	54.8	0.85	0.23	0.13					3.7			
MEZ	404	-iP	21	31	33.3						11.2	456				4.0
		Pm	21	31	35.4	0.90			0.43	11.0						
		iS	21	32	16.4											
		Sm	21	32	18.9	1.00	0.39	0.35					4.0			
BERU	422	-iP	21	31	35.1						11.3	485				4.1
		iS	21	32	20.4											
MUKU	438	-iP	21	31	37.1						10.9	389				3.8
MORS	447	iP	21	31	39.0						10.9	391				3.8
		iS	21	32	25.1											
UZH	472	+iP	21	31	40.9						11.1	438				4.0
		Pm	21	31	41.9	1.10			0.05	9.6						
		eS	21	32	30.7											
		Sm	21	33	14.3	1.40	0.08	0.07					3.3			
SHIU	476	+iP	21	31	41.8											
		eS	21	32	31.9											
LUBU	480	-iP	21	31	42.3						11.2	454				4.0
		iS	21	32	32.5											
STZU	488	+iP	21	31	43.7						11.2	454				4.0
		Pm	21	31	44.4	0.50			0.91	11.6						
		iS	21	32	34.3											
		Sm	21	32	39.7	1.65	0.54	0.52					4.2			
LVV	512	eP	21	31	45.7						11.1	435				4.0
		Pm	21	31	47.4	0.80			0.33	11.3						
		iS	21	32	38.4											
		Sm	21	32	59.7	0.85	0.50	0.49					4.2			
SIM	594	iP	21	31	55.0						11.2	270				4.0
		Pm	21	31	59.8	0.52			0.16	12.0						
		iS	21	32	55.5											
		Sm	21	32	56.6	0.74	0.07	0.22					4.0			
YAL	608	eP	21	31	57.0						11.0	250				3.9
		Pm	21	31	57.5	0.25			0.02	11.0						
		iS	21	32	59.4											

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	21	33	3.1	0.49	0.07	0.03					3.6			
ALU	622	iP	21	31	58.2						11.2	280				4.0
		Pm	21	31	59.0	0.45			0.04	12.2						
		eS	21	33	1.3											
		Sm	21	33	4.9	0.57	0.19	0.32					4.3			
SUDU	664	iP	21	32	3.3											
		Pm	21	32	5.5	0.41			0.11	12.3						
		iS	21	33	10.4											
		Sm	21	33	17.8	0.52	0.09	0.28					4.3			
FEO	690	eP	21	32	6.3						10.8	230				3.8
		Pm	21	32	7.1	0.41			0.04	11.6						
		eS	21	33	15.6											
		Sm	21	33	20.6	0.47	0.01	0.10					3.9			
KERU	772	eP	21	32	18.5						11.4	320				4.1
		Pm	21	32	20.7	0.34			0.01	10.9						
		eS	21	33	36.7											
		Sm	21	33	44.9	0.51	0.01	0.03					3.4			

№ 33. 26 мая. Закарпатье, р-н с.Колочава.

$\theta=14ч\ 16мин\ 19с$; $\varphi=48.4^{\circ}N$; $\lambda=23.83^{\circ}E$; $h=6\ км$;
 $MD=1.2(2)$; $Kp=6.3(2)$; $KD=6.1(2)$; $ML=1.0(2)$; $MSH=1.1(2)$;

MEZ	26	iPg	14	16	24,5						6,1	39				1.1
		Pm	14	16	24,6	0,20			0,02	6,6						
		eSg	14	16	27,6											
		Sm	14	16	28,0	0,30	0,20	0,20					1,4			
		m	14	16	28,3	0,60			0,07					1,2		
NSLU	36	ePg	14	16	25,4						6,2	42				1.2
		Pm	14	16	26,0	0,20			0,01	6,0						
		eSg	14	16	30,9											
		Sm	14	16	31,4	0,20	0,05	0,01					0,7			
		m	14	16	35,9	0,60			0,02					0,8		
RAKU	49	eSg	14	16	34,6											

№ 34. 14 июня. Румыния, р-н Вранча.

$\theta=9ч\ 54мин\ 5.6с$; $\varphi=45.64^{\circ}N$; $\lambda=26.68^{\circ}E$; $h=12.1\ км$;
 $MD=2.8(4)$; $Kp=8.7(2)$; $KD=8.9(4)$; $MSH=2.1(2)$;

KSV	321	iP	9	54	53.3						8.8	147				2.7
-----	-----	----	---	----	------	--	--	--	--	--	-----	-----	--	--	--	-----

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
KMPU	325	eP	9	54	53.2						9.1	164				2.8
		iS	9	55	27.3											
NDNU	333	iP	9	54	52.8						9.1	166				2.8
		Pm	9	54	54.1	0.20			0.04	8.8						
		iS	9	55	30.8											
		Sm	9	55	47.5	0.55	0.04	0.01					1.9			
LUBU	473	eP	9	55	12.5						8.8	144				2.7
		iS	9	56	3.1											
SEV	563	eP	9	55	20.8											
		Pm	9	55	21.0	0.31			0.00	8.7						
		eS	9	56	17.8											
		Sm	9	56	18.8	0.36	0.00	0.00					2.4			

№ 35. 14 июня. Румыния, р-н Вранча.

0=10ч 36мин 21.6с; φ=45.66°N; λ=26.69°E; h=17 км;

MD=2.9(5); Kp=9.1(2); KD=9.2(5); MSH=2.2(2);

GIUM	120	P	10	36	42.6											
		S	10	36	56.2											
SORM	303	P	10	37	5.5											
KSV	320	ePn	10	37	7.9						8.9	149				2.7
KMPU	323	ePn	10	37	8.4						9.3	179				2.9
		eSn	10	37	43.4											
NDNU	330	ePn	10	37	9.1						9.1	164				2.8
		Pm	10	37	19.0	0.20			0.06	9.6						
		eSn	10	37	45.2											
		Sm	10	37	59.9	0.25	0.01	0.05					2.0			
		471 ePn	10	37	27.3						9.1	170				2.9
SEV	563	P	10	37	36.3						9.6	105				3.1
		Pm	10	37	40.1	0.43				8.7						
		S	10	38	32.8											
		Sm	10	38	39.1	0.43	0.00	0.00					2.3			

№ 36. 15 июня. Румыния, р-н Вранча.

0=0ч 7мин 59.7с; φ=45.66°N; λ=26.64°E; h=15.1 км;

MD=2.9(7); Kp=8.4(2); KD=9.3(7); MSH=2.4(2);

CHRU	299	ePn	0	8	42.6						9.3	182				2.9
		eSn	0	9	15.7											

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SORM	305 P		0	8	42.5											
KSV	319 ePn		0	8	46.7						9.1	166				2.8
	eSn		0	9	20.0											
KMPU	324 ePn		0	8	47.3						9.0	156				2.8
	eSn		0	9	21.8											
NDNU	331 ePn		0	8	46.6						9.0	154				2.8
	Pm		0	9	0.6	0.90			0.02	8.3						
	eSn		0	9	22.9											
	Sm		0	9	42.0	0.80	0.02	0.02					1.8			
KORU	385 ePn		0	8	54.2						9.5	205				3.1
	eSn		0	9	35.5											
TRSU	390 eSn		0	9	36.3											
LUBU	470 ePn		0	9	4.8						9.0	161				2.8
	eSn		0	9	54.6											
SEV	567 eP		0	9	14.4						9.9	130				3.3
	Pm		0	9	14.7	0.28			0.00	8.5						
	eS		0	10	11.2											
	Sm		0	10	13.3								2.5			
SUDU	660 eP		0	9	25.7											

№ 37. 17 июня. Закарпатье, р-н г.Хуст.

$\theta=5ч\ 42мин\ 44.2с$; $\varphi=48.18^{\circ}N$; $\lambda=23.25^{\circ}E$; $h=1\ км$;

$MD=1.8(3)$; $Kp=6.7(3)$; $KD=7.2(3)$; $ML=1.8(3)$; $MSH=1.4(3)$;

KORU	8,7 ePg		5	42	45.8						7.2	66				1.8
	Pm		5	42	46.7	0.35			1.40	7.0						
	eSg		5	42	47.4											
	Sm		5	42	48.0	0.60	0.60	2.10					1.6			
	m		5	42	49.2	0.80			6.00					2.5		
TRSU	24 ePg		5	42	48.9						7.3	69				1.8
	Pm		5	42	50.5	0.20			0.06	6.8						
	eSg		5	42	52.0											
	Sm		5	43	14.3	1.30	0.17	0.21					1.2			
	m		5	43	24.3	1.00			0.24					1.6		
BRIU	24 ePg		5	42	49.1						7.3	71				1.8
	Pm		5	42	49.6	0.10			0.01	6.4						
	eSg		5	42	52.3											
	Sm		5	42	54.4	0.16	0.13	0.03					0.9			
	m		5	43	25.1	1.10			0.10					1.3		

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

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

№ 38. 6 июля. Карпаты, р-н Вранча

$\theta=11ч\ 20мин\ 0.9с$; $\varphi=45.57^{\circ}N$; $\lambda=26.44^{\circ}E$; $h=133\ км$;

$MD=3.5(8)$; $Kp=10.7(5)$; $KD=10.4(8)$; $MSH=3.2(5)$;

GIUM	138 P	11	20	27.0												
	S	11	20	46.1												
LEOM	172 P	11	20	29.3												
KIS	242 P	11	20	36.9												
KSV	322 ePn	11	20	47.1							10.2	281				3.4
KMPU	332 ePn	11	20	48.6							10.4	318				3.6
	eSn	11	21	24.7												
NDNU	343 ePn	11	20	47.8							10.5	331				3.6
MEZ	395 ePn	11	20	55.9							10.3	295				3.5
	Pm	11	21	0.7	0.20				0.06	10.9						
	eSn	11	21	36.8												
	Sm	11	21	40.1	0.20	0.20	0.01						3.5			
BRIU	402 ePn	11	20	56.2							10.3	299				3.5
BERU	413 iPn	11	20	57.9							10.2	281				3.4
STZU	479 ePn	11	21	5.5							10.5	321				3.6
	Pm	11	21	9.8	0.40				0.03	10.0						
	eSn	11	21	55.6												
	Sm	11	22	20.6	0.25	0.01	0.02						2.7			
SEV	580 P	11	21	16.4							10.7	189				3.7
	Pm	11	21	17.7	0.29				0.04	10.4						
	S	11	22	15.4												
	Sm	11	22	20.1	0.38	0.01	0.02						3.1			
ALU	632 P	11	21	21.1												
	Pm	11	21	21.4	0.52				0.05	10.6						
	S	11	22	23.2												
	Sm	11	22	23.6	0.32	0.01	0.01						3.1			
SUDU	674 P	11	21	27.6												
	Pm	11	21	29.6	0.52				0.09	11.5						
	S	11	22	36.9												
	Sm	11	22	38.9	0.43	0.02	0.04						3.6			

№ 39. 8 июля. Румыния, р-н Сучава

$\theta=22ч\ 16мин\ 31.9с$; $\varphi=47.57^{\circ}N$; $\lambda=25.58^{\circ}E$; $h=6.3\ км$;

$MD=2.1(4)$; $KD=7.8(4)$; $ML=2.1(2)$;

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CHRU	85 eSg	22	16	58.7												
KSV	91 ePg	22	16	48.5							7.7	84				2.0
	eSg	22	17	0.7												
	m	22	17	14.1	1.00				0.18					2.2		
KMPU	128 ePg	22	16	54.6							7.7	84				2.0
	eSg	22	17	10.4												
STNU	150 ePg	22	16	57.9							7.8	89				2.1
	eSg	22	17	17.6												
NDNU	175 ePn	22	17	2.0							7.9	96				2.2
	eSn	22	17	22.2												
	m	22	17	25.7	0.20				0.05					2.1		
KORU	194 eSn	22	17	26.6												

№ 40. 8 июля. Румыния, р-н Сучава

$\theta=22\text{ч }43\text{мин }35.5\text{с}; \varphi=47.89^\circ\text{N}; \lambda=25.29^\circ\text{E}; h=5.7\text{ км};$

$MD=1.7(3); KD=7.1(3); ML=1.5(2);$

KSV	50 ePg	22	43	44.6							6.8	54				1.5
	eSg	22	43	51.4												
	m	22	44	16.2	1.00				0.05					1.3		
CHRU	65 eSg	22	43	55.3												
KMPU	114 ePg	22	43	56.8							7.1	65				1.7
	eSg	22	44	11.8												
NDNU	172 ePn	22	44	4.2							7.5	78				1.9
	Sn	22	44	25.2												
	m	22	44	27.0	0.20				0.02					1.7		

№ 41. 12 июля. Карпаты, р-н Вранча

$\theta=0\text{ч }9\text{мин }28.3\text{с}; \varphi=45.59^\circ\text{N}; \lambda=26.54^\circ\text{E}; h=120.1\text{ км};$

$MD=3.5(10); Kp=10.0(4); KD=10.2(10); MSH=3.3(8);$

GIUM	131 P	0	9	52.9												
LEOM	164 P	0	9	56.4												
KIS	235 P	0	10	4.0												
	S	0	10	29.7												
CHRU	304 iSn	0	10	44.1												
KSV	323 iPn	0	10	15.2							10.1	270				3.4
	eSn	0	10	48.2												

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
KMPU	330	iPn	0	10	14.3						10.1	271				3.4
		eSn	0	10	49.9											
NDNU	340	iPn	0	10	15.6						10.2	276				3.4
		Pm	0	10	16.7	0.30			0.06	9.0						
		eSn	0	10	51.9											
		Sm	0	11	3.7	0.45	0.04	0.02					2.8			
STNU	379	iPn	0	10	21.9						10.1	264				3.4
		eSn	0	11	2.1											
KORU	385	ePn	0	10	22.8						10.1	266				3.4
		Pm	0	10	46.9	1.20			0.13	9.8						
		eSn	0	11	1.8											
		Sm	0	11	48.5	0.78	0.00	0.10					3.2			
MEZ	397	ePn	0	10	24.0						10.1	274				3.4
		eSn	0	11	6.0											
BRIU	405	ePn	0	10	24.4						10.1	271				3.4
STZU	482	iPn	0	10	34.4						10.1	273				3.4
SEV	573	eP	0	10	44.4						10.5	187				3.6
		Pm	0	10	45.7	0.23			0.01	10.1						
		S	0	11	46.1											
		Sm	0	11	46.1	0.31	0.04	0.01					3.4			
SIM	597	eS	0	11	44.2											
		Sm	0	11	49.0	0.47	0.01	0.04					3.2			
YAL	611	eS	0	11	47.3											
		Sm	0	11	53.4	0.32	0.01	0.01					3.0			
ALU	625	S	0	12	9.9											
		Sm	0	12	15.2	0.45	0.12	0.04					3.7			
SUDU	667	eP	0	10	55.1						10.7	197				3.7
		Pm	0	11	4.7	0.36			0.01	11.3						
		eS	0	12	0.2											
		Sm	0	12	5.4	0.49	0.12	0.01					3.5			
FEO	692	eS	0	12	8.6											
		Sm	0	12	11.6	0.44	0.04	0.00					3.0			

№ 42. 1 августа. Румыния, р-н Бакэу.

$t=17ч 57мин 10.1с$; $\varphi=46.78^{\circ}N$; $\lambda=27.37^{\circ}E$; $h=20.4 км$;

$MD=4.1(15)$; $Kp=11.4(8)$; $KD=11.3(15)$; $MSH=3.8(10)$;

CHRU	201	iPn	17	57	43.0						11.3	473				4.0
		Pm	17	57	46.8	1.00			0.80	11.8						

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		eSn	17	58	6.9											
		Sm	17	58	14.5	0.79	3.20	6.30					3.9			
NDNU	202	ePn	17	57	41.7						11.3	472				4.0
		Pm	17	57	44.1	0.30			4.10	11.8						
		eSn	17	58	6.6											
		Sm	17	58	8.2	0.30	1.50	1.60					3.4			
KSV	243	iSn	17	58	17.3											
STNU	303	ePn	17	57	55.6						11.3	470				4.0
		eSn	17	58	30.6											
MEZ	347	iPn	17	58	2.2						11.3	472				4.0
		eSn	17	58	38.9											
KORU	353	iPn	17	58	1.2						11.3	473				4.0
		eSn	17	58	40.3											
TRSU	362	ePn	17	58	2.8						11.3	471				4.0
		Pm	17	58	15.3	0.70			0.30	10.9						
		eSn	17	58	42.2											
		Sm	17	59	22.0	1.60	0.60	0.60					3.3			
MORS	368	ePn	17	58	4.5						11.3	473				4.0
		eSn	17	58	44.5											
BRIU	369	iPn	17	57	57.5						11.3	473				4.0
		Pm	17	58	17.7	1.20			0.40	11.6						
		eSn	17	58	37.7											
		Sm	17	59	11.2	1.60	2.10	1.70					3.8			
LUBU	384	ePn	17	58	5.0						11.3	470				4.0
		eSn	17	58	46.5											
SHIU	403	ePn	17	58	8.7											
		eSn	17	58	51.4											
LVV	418	ePn	17	58	11.0						11.3	472				4.0
		eSn	17	58	55.3											
UZH	432	ePn	17	58	11.2						11.3	469				4.0
		eSn	17	58	57.7											
SEV	550	eP	17	58	24.4						11.4	330				4.1
		Pm	17	58	27.1	0.36			0.04	10.6						
		eS	17	59	19.8											
		Sm	17	59	20.9	0.46	0.03	0.05					3.4			
SIM	561	eP	17	58	27.2						11.4	325				4.1
		Pm	17	58	28.7	0.29	0.03			11.5						
		eS	17	59	22.8											
		Sm	17	59	32.7	0.91	0.21	0.16					3.8			

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
YAL	586	eS	17	59	29.2											
		Sm	17	59	34.9	0.69	0.06	0.04					3.5			
ALU	594	eP	17	58	31.1						11.7	379				4.3
		Pm	17	58	32.0	0.27			0.01	10.8						
		eS	17	59	31.3											
		Sm	17	59	37.0	0.59	0.08	0.03					3.6			
SUDU	627	eP	17	58	33.5						11.4	329				4.1
		Pm	17	58	36.3	0.19			0.04	12.0						
		eS	17	59	35.9											
		Sm	17	59	42.4	0.55	0.30	0.16					4.2			
FEO	645	eS	17	59	46.3											
		Sm	17	59	48.2	0.25	0.04						3.8			

№ 43. 11 августа. Карпаты, р-н Вранча

0=9ч 31мин 21.4с; φ=45.51°N; λ=26.23°E; h=134 км;

MD=3.7(10); Kp=10.8(4); KD=10.6(10); MSH=3.4(6);

LEOM	189	P	9	31	52.6											
CHRU	311	ePn	9	32	5.9						10.2	289				3.5
		Pm	9	32	7.0	0.80			0.11	11.2						
		eSn	9	32	39.6											
		Sm	9	32	41.7	1.20	0.40	0.95					4.1			
NDNU	354	ePn	9	32	10.6						10.7	350				3.7
		Pm	9	32	10.9	0.20			0.33	10.9						
		eSn	9	32	46.3											
		Sm	9	32	47.4	0.30	0.01	0.19					3.5			
KORU	377	ePn	9	32	14.1						10.6	347				3.7
		Pm	9	32	15.5	0.30			0.30	10.8						
		eSn	9	32	55.5											
		Sm	9	33	24.8	0.20	0.01	0.07					3.0			
STNU	380	ePn	9	32	14.9						10.6	348				3.7
TRSU	381	ePn	9	32	14.9						10.6	334				3.6
MEZ	393	ePn	9	32	16.5						10.5	326				3.6
BRIU	398	ePn	9	32	16.6						10.6	342				3.7
SHIU	467	ePn	9	32	24.7						10.7	354				3.7
STZU	476	ePn	9	32	26.5						10.6	334				3.6
SEV	595	eP	9	32	38.8						10.7					3.7
		Pm	9	32	41.0	0.38				10.4						
		eS	9	33	37.3											

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	9	33	39.9	0.51	0.01	0.05					3.3			
SIM	620	eS	9	33	43.0											
		Sm	9	33	52.3	0.37	0.08	0.09					3.6			
YAL	633	eS	9	33	46.7											
		Sm	9	33	48.6	0.58	0.01	0.04					3.0			

№ 44. 1 сентября. Карпаты, р-н Вранча

$\theta=10ч\ 32мин\ 10.7с$; $\varphi=45.68^{\circ}N$; $\lambda=26.46^{\circ}E$; $h=152.7\ км$;

$MD=3.9(25)$; $Kp=11.5(7)$; $KD=11.0(25)$; $MSH=3.8(7)$;

LEOM	163	P	10	32	41.0											
KIS	233	P	10	32	48.5											
CHRU	294	ePn	10	32	54.2						10.7	359				3.7
		Pm	10	32	55.3	1.00			0.11	11.8						
		eSn	10	33	27.3											
		Sm	10	33	29.9	1.00	0.11	1.78					4.3			
SORM	308	P	10	32	55.6											
KSV	311	ePn	10	32	55.7						10.8	379				3.8
		Pm	10	32	56.6	0.70			0.40	11.0						
		eSn	10	33	30.4											
		Sm	10	33	32.2	0.60	0.22	0.67					3.9			
RAKU	314	ePn	10	32	56.2						10.9	387				3.8
KMPU	320	ePn	10	32	57.1						10.9	389				3.8
		eSn	10	33	31.0											
NDNU	331	ePn	10	32	58.5						11.0	408				3.9
		Pm	10	32	59.5	0.30			0.24	10.5						
		eSn	10	33	33.1											
		Sm	10	33	33.6	0.40	0.06	0.15					3.3			
NSLU	361	ePn	10	33	2.6						11.0	417				3.9
STNU	368	ePn	10	33	3.5						11.0	418				3.9
KORU	374	P	10	33	3.2						11.0	422				3.9
MEZ	386	ePn	10	33	4.6						11.1	432				3.9
BRIU	394	ePn	10	33	6.4						11.1	435				4.0
BERU	405	ePn	10	33	6.8						11.1	442				4.0
MORS	429	ePn	10	33	10.8						11.1	437				4.0
BRZU	435	ePn	10	33	11.1						11.2	446				4.0
HOLU	442	ePn	10	33	11.3						11.1	444				4.0
UZH	455	eP	10	33	13.0						11.2	456				4.0
SHIU	458	ePn	10	33	14.0						11.2	456				4.0

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
LUBU	463	+ePn	10	33	14.6						11.2	463				4.0
STZU	470	ePn	10	33	15.6						11.2	459				4.0
LVV	495	ePn	10	33	18.3						11.3	466				4.0
SEV	580	P	10	33	28.0						10.7	198				3.7
		Pm	10	33	48.5	0.52			0.12	11.6						
		S	10	34	28.0											
		Sm	10	34	29.0	0.64	0.09	0.12					3.6			
SIM	604	P	10	33	30.7						11.0	246				3.9
		Pm	10	33	32.1	0.34			0.11	12.3						
		S	10	34	31.7											
		Sm	10	34	31.8	1.25	0.29	0.31					3.9			
YAL	618	P	10	33	32.4						10.5	182				3.6
		Pm	10	33	36.0	0.67			0.06	11.1						
		S	10	34	35.6											
		Sm	10	34	37.4	0.69	0.04	0.06					3.4			
SUDU	673	P	10	33	38.2						10.8	229				3.8
		Pm	10	33	41.0	0.55			0.13	12.3						
		S	10	34	46.1											
		Sm	10	34	50.4	0.50	0.23	0.11					4.3			

№ 45. 7 сентября. Румыния, Южные Карпаты.

*0=2ч 1мин 16.2с; φ=45.34°N; λ=24.14°E; h=7.7 км;
MD=3.3(19); Kp=10.1(7); KD=10.0(19); MSH=2.9(8);*

RAKU	298	iPn	2	2	2.6						10.0	252				3.3
		Pm	2	2	15.5	0.50			0.20	10.2						
		eSn	2	2	38.1											
		Sm	2	2	51.7	0.85	0.30	0.20					2.8			
TRSU	319	ePn	2	2	5.7						10.1	271				3.4
		eSn	2	2	42.0											
NSLU	322	ePn	2	2	6.0						9.9	238				3.3
		Pm	2	2	16.3	0.80			0.11	10.1						
		eSn	2	2	43.3											
		Sm	2	3	1.8	0.50	0.40	0.20					3.0			
KORU	322	ePn	2	2	6.6						9.8	234				3.2
		eSn	2	2	43.3											
KSV	338	ePn	2	2	8.1						9.8	229				3.2
		Pm	2	2	21.0	1.00			0.10	9.9						
		eSn	2	2	46.4											

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	2	3	7.1	1.05	0.25	0.50					3.1			
BERU	341	ePn	2	2	8.7						10.1	274				3.4
		eSn	2	2	46.6											
BRIU	344	iPn	2	2	7.7						10.1	267				3.4
		eSn	2	2	47.3											
CHRU	355	eSn	2	2	50.0											
MEZ	356	ePn	2	2	10.0						9.9	241				3.3
		eSn	2	2	50.8											
MUKU	363	eSn	2	2	52.6											
		Sm	2	3	14.1	1.00	0.15	0.12					2.7			
STNU	376	iPn	2	2	13.2						9.9	246				3.3
		eSn	2	2	54.2											
HOLU	378	ePn	2	2	12.1						10.0	257				3.3
		eSn	2	2	55.4											
UZH	391	ePn	2	2	15.2						9.7	224				3.2
		eSn	2	2	58.6											
KMPU	399	ePn	2	2	14.6						9.8	228				3.2
		eSn	2	2	58.9											
STZU	424	ePn	2	2	17.9						10.2	277				3.4
		Pm	2	2	38.9	0.80			0.05	10.0						
		eSn	2	3	5.4											
		Sm	2	3	37.0	1.45	0.10	0.17					2.8			
SHIU	436	ePn	2	2	20.1						9.9	245				3.3
		eSn	2	3	6.6											
NDNU	437	ePn	2	2	19.8						9.8	230				3.2
		Pm	2	2	34.6	0.40			0.04	9.4						
		eSn	2	3	7.5											
		Sm	2	3	30.3	0.75	0.02	0.01					1.9			
BRZU	462	ePn	2	2	23.0						10.2	280				3.4
		eSn	2	3	13.5											
LUBU	474	ePn	2	2	25.7						9.9	243				3.3
		eSn	2	3	16.3											
SEV	756	-eP	2	2	57.8						10.3	158				3.5
		Pm	2	2	59.6	0.49			0.01	10.1						
		eS	2	4	16.5											
		Sm	2	4	17.7	0.63	0.01						2.7			
SIM	783	eP	2	3	2.9											
SUDU	853	eP	2	3	10.2						10.5	110				3.6
		Pm	2	3	11.4	0.37			0.01	10.8						

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		eS	2	4	41.7											
		Sm	2	4	41.7	0.55	0.02	0.01					3.2			
№ 46. 9 сентября. Румыния, Южные Карпаты.																
<i>0=8ч 57мин 13.2с; φ=45.36°N; λ=25.18°E; h=3 км;</i>																
<i>MD=3.2(16); Kp=10.5(6); KD=9.7(16); MSH=2.9(6);</i>																
RAKU	306	eP	8	57	58.7							9.4	196			3.0
KSV	328	eP	8	58	2.0							9.5	202			3.1
		Pm	8	58	3.9	1.10			0.02	10.7						
		eS	8	58	39.6											
		Sm	8	59	0.3	1.40	0.10	0.54					3.1			
NSLU	341	eP	8	58	3.5							9.5	203			3.1
		Pm	8	58	4.9	0.10			0.02	10.4						
		eS	8	58	42.4											
		Sm	8	59	8.1	1.00	0.26	0.09					2.8			
KORU	347	eP	8	58	4.9							9.6	209			3.1
		Pm	8	58	5.8	0.50			0.05	10.7						
		eS	8	58	43.8											
		Sm	8	58	58.2	1.00	0.00	0.36					2.9			
TRSU	348	P	8	58	4.2							9.5	203			3.1
		Pm	8	58	8.2	0.50			0.04	10.3						
		eS	8	58	43.2											
		Sm	8	59	8.4	1.00	0.13	0.22					2.8			
KMPU	369	eP	8	58	7.4							9.6	214			3.1
BRIU	369	eP	8	58	6.8							9.7	220			3.2
MEZ	372	eP	8	58	7.7							9.7	221			3.2
BERU	373	eP	8	58	8.2							9.8	234			3.2
		eS	8	58	48.9											
NDNU	396	eP	8	58	10.6							9.9	238			3.3
HOLU	411	eP	8	58	12.6							9.9	239			3.3
MORS	430	eP	8	58	15.1							9.9	244			3.3
SHIU	451	eP	8	58	17.6							10.0	260			3.4
LUBU	475	eP	8	58	21.7							10.1	274			3.4
		eS	8	59	12.3											
SEV	675	eP	8	58	43.3							9.9	125			3.3
		Pm	8	58	46.4	0.46			0.01	9.8						
		eS	8	59	54.1											
		Sm	8	59	56.6	0.50	0.01	0.01					2.8			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SUDU	772	eP	8	58	55.6											
		Pm	8	59	1.6	0.46			0.02	10.9						
		eS	9	0	16.7											
		Sm	9	0	17.5	0.51	0.01	0.01					3.1			

№ 47. 10 сентября. Карпаты, р-н Вранча

$\theta=17ч\ 31мин\ 13.1с$; $\varphi=45.55^{\circ}N$; $\lambda=26.44^{\circ}E$; $h=143.5\ км$;

$MD=3.6(16)$; $Kp=10.1(6)$; $KD=10.4(16)$; $MSH=3.4(7)$;

GIUM	138	P	17	31	40.9											
		S	17	32	0.3											
LEOM	173	P	17	31	43.7											
KIS	243	P	17	31	51.3											
SORM	322	P	17	31	59.4											
KSV	325	ePn	17	31	59.7						10.7	365				3.7
		Pm	17	32	0.1	0.45			0.13	10.1						
		eSn	17	32	36.6											
		Sm	17	33	11.3	0.38	0.33	0.40					3.8			
RAKU	325	iPn	17	32	0.7						10.3	299				3.5
		Pm	17	32	2.1	0.35			0.14	9.7						
		eSn	17	32	36.2											
		Sm	17	32	55.0	1.00	0.10	0.06					3.2			
KMPU	335	ePn	17	32	1.4						10.4	309				3.6
		eSn	17	32	37.0											
NDNU	346	iPn	17	32	2.3						10.5	319				3.6
		Pm	17	32	5.0	0.30			0.07	9.5						
		eSn	17	32	39.1											
		Sm	17	32	40.6	0.70	0.05	0.07					3.1			
NSLU	372	ePn	17	32	5.9						10.4	314				3.6
STNU	381	ePn	17	32	7.5						10.5	319				3.6
		eSn	17	32	47.1											
KORU	384	ePn	17	32	7.8						10.4	309				3.6
		eSn	17	32	47.1											
TRSU	388	ePn	17	32	8.1						10.3	298				3.5
MEZ	397	iPn	17	32	8.9						10.4	316				3.6
		eSn	17	32	49.9											
BRIU	405	iPn	17	32	9.8						10.2	284				3.5
BERU	415	ePn	17	32	10.5						10.3	290				3.5
BRZU	449	ePn	17	32	15.2						10.5	324				3.6

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
HOLU	452	iPn	17	32	15.3						10.5	319				3.6
LUBU	476	ePn	17	32	18.6						10.5	331				3.6
STZU	481	ePn	17	32	19.8						10.5	321				3.6
SEV	580	+eP	17	32	29.5						10.5	186				3.6
		Pm	17	32	30.8	0.56			0.02	10.3						
		eS	17	33	28.3											
		Sm	17	33	30.3	0.52	0.03	0.02					3.2			
SIM	604	eS	17	33	33.3											
		Sm	17	33	35.4	0.98	0.08	0.08					3.4			
YAL	617	P	17	32	34.5											
		Pm	17	32	35.3	0.21			0.01	9.8						
		eS	17	33	37.5											
		Sm	17	33	40.2	0.44	0.01	0.01					2.9			
SUDU	674	eP	17	32	40.7											
		Pm	17	32	42.3	0.49			0.02	11.5						
		eS	17	33	47.6											
		Sm	17	33	50.6	0.78	0.10	0.07					3.7			

№ 48. 23 сентября. Тернопольская обл., р-н г.Чортков.

0=3ч 17мин 56с; φ=48.99°N; λ=25.88°E; h=5.1 км;

MD=4.2(17); Kp=11.7(11); KD=11.5(17); ML=3.9(7); MSH=3.7(11);

KMPU	63	+iPg	3	18	8.4						10.0	262				3.4
		eSg	3	18	15.9											
CHRU	77	+iPg	3	18	10.4						10.2	282				3.4
		Pm	3	18	10.6	0.20			1.00	12.0						
		eSg	3	18	19.6											
		m	3	18	20.6	0.50			6.50					3.7		
		Sm	3	18	21.5	0.60	2.70	24.40					3.9			
BRZU	86	ePg	3	18	12.5						11.0	415				3.9
		eSg	3	18	23.1											
KSV	96	-iPg	3	18	13.8						11.5	527				4.2
		Pm	3	18	13.8	0.20			1.96	12.6						
		eSg	3	18	25.5											
		Sm	3	18	26.0	0.30	6.20	33.90					4.2			
		m	3	18	31.8	0.40			8.58					3.9		
NDNU	117	+iPg	3	18	17.1						11.3	473				4.0
		Pm	3	18	17.5	0.30			2.30	11.6						
		iSg	3	18	30.6											

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	3	18	31.4	0.20	4.00	0.40					3.3			
		m	3	18	31.8	0.20			6.93					3.9		
LUBU	129	-iPg	3	18	19.4						11.3	476				4.0
		iSg	3	18	35.0											
MORS	147	ePg	3	18	22.8						11.3	485				4.1
		eSg	3	18	41.7											
LVV	163	+ePg	3	18	24.6						11.4	494				4.1
		Pm	3	18	25.2	0.60			1.00	12.0						
		iSg	3	18	44.4											
		Sm	3	18	47.2	0.60	2.12	8.64					3.9			
		m	3	18	55.2	0.70			3.14					3.8		
RAKU	165	iPn	3	18	24.5						11.6	557				4.2
		Pm	3	18	25.0	0.40			1.90	11.9						
		m	3	18	25.2	0.40			12.08					4.4		
		eSn	3	18	45.2											
		Sm	3	18	46.2	0.30	0.54	7.52					3.8			
MEZ	181	iPn	3	18	28.0						11.8	612				4.3
		eSn	3	18	50.1											
		m	3	18	55.4	0.60			2.00					3.7		
SHIU	186	+iPn	3	18	28.9						11.9	636				4.4
		eSn	3	18	50.6											
NSLU	199	iPn	3	18	30.4											
		Pm	3	18	31.4	0.30			1.20	12.2						
		eSn	3	18	54.5											
		Sm	3	18	56.2	0.30	9.60	0.27					4.0			
		m	3	19	4.3	0.60			2.40					3.8		
TRSU	237	ePn	3	18	35.0						11.9	638				4.4
		Pm	3	18	35.3	0.20			0.27	11.3						
		eSn	3	19	3.5											
		Sm	3	19	3.9	0.30	0.06	1.50					3.3			
STZU	238	ePn	3	18	35.1						11.9	649				4.4
		Pm	3	18	38.9	0.60			0.20	11.5						
		eSn	3	19	3.9											
		Sm	3	19	11.4	0.70	2.63	0.52					3.6			
MUKU	242	ePn	3	18	34.2						11.9	642				4.4
		Pm	3	18	36.1	0.40			0.07	11.5						
		eSn	3	19	3.3											
		Sm	3	19	5.6	0.60	2.50	0.02					3.5			
BERU	252	ePn	3	18	36.5						12.0	666				4.4

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Pm	3	18	37.1	0.50			0.15	11.0						
		eSn	3	19	5.9											
		Sm	3	19	12.8	0.80	0.10	1.06						3.2		
HOLU	261	ePn	3	18	37.9						12.0	663				4.4
		eSn	3	19	7.9											
UZH	266	ePn	3	18	38.8						12.1	698				4.5
		Pm	3	18	39.7	0.40			0.10	10.6						
		eSn	3	19	9.9											
		Sm	3	19	15.4	0.70	0.44	0.71						3.1		
№ 49. 3 октября. Румыния, р-н Трансильвания.																
<i>0=15ч 17мин 40.8с; φ=47.23°N; λ=23.81°E; h=7 км;</i>																
<i>MD=2.1(8); Kp=8.1(6); KD=7.8(8); MSH=1.6(6);</i>																
RAKU	92	eP	15	17	57.1						7.7	85				2.0
		Pm	15	17	57.4	0.20			0.04	8.0						
		iS	15	18	9.7											
		Sm	15	18	11.8	0.20	0.06	0.04						1.5		
NSLU	111	eP	15	18	0.1						7.8	88				2.1
		Pm	15	18	3.2	0.20			0.03	8.5						
		iS	15	18	14.6											
		Sm	15	18	15.6	0.15	0.13	0.10						2.0		
KORU	115	iP	15	17	59.9						7.7	84				2.0
		Pm	15	18	0.4	0.50			0.08	8.0						
		iS	15	18	15.4											
		Sm	15	18	16.1	0.20	0.02	0.02						1.2		
TRSU	115	eP	15	18	0.6						7.8	89				2.1
		Pm	15	18	2.3	0.90			0.02	7.9						
		iS	15	18	14.8											
		Sm	15	18	18.9	0.80	0.06	0.01						1.5		
BRIU	136	iP	15	18	3.9						7.8	91				2.1
		iS	15	18	21.8											
MEZ	144	eP	15	18	4.8						7.7	86				2.1
		Pm	15	18	6.8	0.20			0.01	8.1						
		iS	15	18	23.5											
		Sm	15	18	23.9	0.20	0.09	0.00						1.8		
KSV	153	eP	15	18	6.4						7.9	94				2.2
		Pm	15	18	7.5	0.10			0.02	8.0						
		eS	15	18	25.3											

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		Sm	15	18	29.9	0.35	0.06	0.02					1.7			
HOLU	179	eP	15	18	9.4						7.8	88				2.1
		iS	15	18	30.8											

№ 50. 3 октября. Румыния, р-н Мармарош.

$\theta=19^{\text{ч}} 48^{\text{мин}} 37.7^{\text{с}}$; $\varphi=47.94^{\circ}\text{N}$; $\lambda=23.76^{\circ}\text{E}$; $h=1$ км;
 $MD=1.6(7)$; $Kp=7.6(3)$; $KD=6.8(7)$; $ML=1.5(4)$; $MSH=1.5(3)$;

RAKU	32	ePg	19	48	44.0						6.9	59				1.6
		Pm	19	48	45.4	0.16			0.10	7.6						
		iSg	19	48	48.5											
		m	19	48	50.7	0.20			0.20					1.7		
		Sm	19	48	50.8	0.20	0.32	0.23					1.6			
NSLU	37	ePg	19	48	44.9						6.8	54				1.5
		Pm	19	48	48.3	0.20			0.01	7.4						
		iSg	19	48	50.0											
		m	19	48	53.7	0.23			0.12					1.5		
		Sm	19	48	56.2	0.30	0.25	0.16					1.5			
KORU	52	eSg	19	48	54.4											
MEZ	67	ePg	19	48	49.9						6.7	53				1.5
		iSg	19	48	58.8											
		m	19	48	59.8	0.13			0.01					0.8		
BRIU	70	ePg	19	48	51.3						6.8	55				1.5
		Pm	19	48	52.7	0.13			0.04	7.8						
		eSg	19	49	1.0											
		Sm	19	49	5.0	0.16	0.10	0.00					1.4			
		m	19	49	19.0	1.00			0.04					1.4		
BERU	89	eSg	19	49	6.4											
STNU	102	ePg	19	48	56.7						6.8	56				1.6
		eSg	19	49	10.4											
KSV	106	eSg	19	49	11.5											
HOLU	121	iPg	19	48	59.0						6.9	58				1.6
		iSg	19	49	14.1											
STZU	146	ePg	19	49	2.9						6.8	55				1.6
		eSg	19	49	22.2											

№ 51. 17 октября. Закарпатье, р-н г.Берегово.

$\theta=23^{\text{ч}} 20^{\text{мин}} 25.2^{\text{с}}$; $\varphi=48.17^{\circ}\text{N}$; $\lambda=22.66^{\circ}\text{E}$; $h=6.9$ км;
 $MD=1.9(11)$; $Kp=7.7(9)$; $KD=7.5(11)$; $ML=1.9(9)$; $MSH=1.7(9)$;

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
BERU	6,8 ePg	23	20 28.0								6.6	52				1.5
	Pm	23	20 28.9 0.10						1.00	6.5						
	iSg	23	20 29.3													
	m	23	20 29.5 0.20							3.68				2.4		
	Sm	23	20 29.6 0.20	0.11	2.00								1.4			
TRSU	24 iPg	23	20 30.5								6.8	55				1.6
	Pm	23	20 30.6 0.20						0.14	7.6						
	eSg	23	20 34.4													
	Sm	23	20 34.9 0.10	0.72	0.94								1.9			
	m	23	20 35.3 0.10							0.55				2.0		
MUKU	31 iPg	23	20 32.1								7.0	62				1.7
	Pm	23	20 32.2 0.20						0.08	7.8						
	eSg	23	20 36.0													
	Sm	23	20 36.6 0.20	0.10	0.51								1.7			
	m	23	20 37.0 0.20						0.09					1.4		
BRIU	32 ePg	23	20 32.0								7.0	60				1.7
	Pm	23	20 32.3 0.10						0.08	7.8						
	eSg	23	20 36.0													
	m	23	20 37.0 0.20							0.30				1.9		
	Sm	23	20 38.1 0.13	0.70	0.00								1.8			
KORU	35 ePg	23	20 32.3								7.4	75				1.9
	Pm	23	20 34.2 0.50						0.18	7.3						
	eSg	23	20 37.1													
	Sm	23	20 38.2 0.20	0.02	0.16								1.3			
	m	23	20 40.6 0.50						0.31					1.9		
HOLU	44 ePg	23	20 34.2								7.5	79				2.0
	eSg	23	20 39.6													
UZH	58 ePg	23	20 35.8								7.7	85				2.0
	eSg	23	20 43.7													
NSLU	59 ePg	23	20 36.6								7.7	87				2.1
	Pm	23	20 37.4 0.10						0.03	8.0						
	iSg	23	20 44.2													
	Sm	23	20 48.3 0.30	0.36	0.03								1.9			
	m	23	20 49.9 0.20							0.15				1.9		
MEZ	73 ePg	23	20 39.4								7.8	90				2.1
	Pm	23	20 39.6 0.10						0.01	8.0						
	eSg	23	20 48.6													
	Sm	23	20 52.3 0.10	0.13	0.03								1.6			

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		m	23	20	52.4	0.20			0.05					1.5		
STZU	94	ePg	23	20	43.1						8.1	102				2.3
		Pm	23	20	44.1	0.20			0.02	8.2						
		eSg	23	20	54.9											
		Sm	23	20	56.8	0.20	0.12	0.08					1.8			
		m	23	20	57.2	0.30			0.11					2.0		
RAKU	113	ePg	23	20	45.4						8.2	109				2.3
		Pm	23	20	45.9	0.10			0.03	8.5						
		eSg	23	21	0.1											
		m	23	21	1.5	0.30			0.30					2.5		
		Sm	23	21	1.6	0.20	0.29	0.05					2.2			
STNU	148	eSg	23	21	8.3											

№ 52. 27 октября. Закарпатье, р-н г.Виноградов.

$\theta=1ч\ 44мин\ 57.2с$; $\varphi=48.12^{\circ}N$; $\lambda=22.98^{\circ}E$; $h=13.4\ км$;

$MD=3.0(20)$; $Kp=9.6(11)$; $KD=9.3(20)$; $ML=2.9(9)$; $MSH=2.8(11)$;

TRSU	3,8	-iPg	1	44	59.7						9.4	194				3.0
		Pm	1	44	59.8	0.15			13.8	8.0						
		m	1	44	59.9	0.10			17.7					3.2		
		eSg	1	45	1.6											
		Sm	1	45	1.9	0.19	13.30	13.40					2.0			
KORU	12	+iPg	1	45	0.4						9.6	212				3.1
		Pm	1	45	0.8	0.50			9.30	9.0						
		eSg	1	45	2.6											
		Sm	1	45	3.1	0.45	9.50	6.60					2.5			
		m	1	45	6.7	0.50			17.2					3.3		
BRIU	24	ePg	1	45	2.3						9.3	180				2.9
		Pm	1	45	4.7	0.30			0.70	9.5						
		eSg	1	45	5.6											
		Sm	1	45	10.2	0.32	5.80	0.04					2.6			
		m	1	45	13.2	0.40			2.20					2.7		
BERU	28	iPg	1	45	2.9						9.3	183				2.9
		eSg	1	45	6.6											
		m	1	45	7.6	0.16			1.24					2.5		
NSLU	36	ePg	1	45	4.5						9.4	196				3.0
		Pm	1	45	8.7	0.20			0.80	10.1						
		iSg	1	45	9.9											
		Sm	1	45	10.7	0.32	8.90	3.00					3.0			

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		m	1	45	11.0	0.47			2.70					2.9		
MUKU	43	iPg	1	45	5.5						9.0	160				2.8
		Pm	1	45	8.0	0.16			0.40	9.6						
		eSg	1	45	11.6											
		Sm	1	45	13.5	0.28	2.00	2.90					2.7			
		m	1	45	16.9	0.26			0.90					2.5		
MEZ	59	ePg	1	45	8.5						9.1	169				2.9
		Pm	1	45	10.4	0.20			0.09	9.2						
		eSg	1	45	16.1											
		Sm	1	45	17.2	0.25	0.90	1.00					2.5			
		m	1	45	20.3	0.40			0.30					2.2		
HOLU	63	ePg	1	45	8.7						9.2	177				2.9
		eSg	1	45	18.0											
UZH	76	ePg	1	45	10.9						9.5	199				3.0
		eSg	1	45	20.9											
RAKU	89	iPg	1	45	12.8						9.5	198				3.0
		Pm	1	45	13.7	0.20			1.20	10.2						
		m	1	45	13.7	0.20			1.13					3.0		
		eSg	1	45	24.9											
		Sm	1	45	26.6	0.23	0.90	0.90					2.7			
STZU	103	ePg	1	45	16.2						9.2	173				2.9
		Pm	1	45	19.5	0.30			0.30	9.9						
		iSg	1	45	28.9											
		Sm	1	45	30.6	0.32	0.60	0.60					2.6			
		m	1	45	30.7	0.35			0.60					2.8		
SHIU	125	ePg	1	45	19.9						9.2	178				2.9
		eSg	1	45	36.8											
MORS	129	iPg	1	45	21.0						9.0	155				2.8
		eSg	1	45	37.6											
STNU	130	ePg	1	45	20.9						9.5	205				3.1
		eSg	1	45	37.8											
KSV	156	ePn	1	45	24.0						9.6	213				3.1
		Pm	1	45	31.2	0.40			0.30	10.5						
		eSn	1	45	45.1											
		Sm	1	45	51.7	0.50	1.00	1.50					3.2			
LUBU	193	iPn	1	45	28.9						9.2	177				2.9
		iSn	1	45	53.3											
LVV	203	eSn	1	45	54.8											
BRZU	207	ePn	1	45	30.6						9.4	190				3.0

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		eSn	1	45	55.7											
CHRU	219	ePn	1	45	32.3											
		Pm	1	45	33.6	0.20			0.06	9.5						
		eSn	1	45	58.4											
		Sm	1	46	1.0	0.55	0.27	0.30					2.7			
KMPU	262	ePn	1	45	36.6							9.2	176			2.9
		eSn	1	46	7.3											
HORU	281	ePn	1	45	40.6							9.4	195			3.0
		Pm	1	45	47.8	0.30			0.01	10.2						
		eSn	1	46	12.5											
		Sm	1	46	23.7	0.50	0.40	0.20						2.9		
NDNU	328	ePn	1	45	46.2							9.3	185			3.0
		eSn	1	46	23.9											

№ 53. 2 ноября. Румыния, Мармарош.

$\theta=7ч\ 56мин\ 54с; \varphi=47.98^{\circ}N; \lambda=23.71^{\circ}E; h=8\ км;$

$MD=2.4(17); Kp=8.9(7); KD=8.3(17); ML=2.4(10); MSH=2.4(7);$

NSLU	31	ePg	7	56	59.7							6.9	57			1.6
		Pm	7	57	0.1	0.20			0.10	8.9						
		eSg	7	57	3.8											
		Sm	7	57	5.3	0.40	4.06	0.03						2.6		
		m	7	57	11.1	0.30			1.83						2.7	
RAKU	34	ePg	7	57	0.5							7.1	63			1.7
		Pm	7	57	0.6	0.20			1.30	9.3						
		eSg	7	57	5.3											
		m	7	57	5.6	0.25			0.93						2.4	
		Sm	7	57	6.1	0.20	5.40	1.00						2.8		
KORU	47	ePg	7	57	2.6							7.5	78			1.9
		m	7	57	25.6	0.45			2.15						2.9	
TRSU	58	ePg	7	57	4.4							7.7	83			2.0
		Pm	7	57	5.7	0.20			0.17	8.3						
		eSg	7	57	12.5											
		Sm	7	57	13.5	0.30	0.10	0.27						1.8		
		m	7	57	54.9	1.00			0.35						2.3	
MEZ	61	ePg	7	57	4.9							7.8	88			2.1
		Pm	7	57	5.2	0.30			0.09	8.8						
		eSg	7	57	13.2											
		Sm	7	57	15.4	0.30	0.78	0.10						2.3		

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		m	7	57	16.7	0.40			0.27					2.2		
BRIU	65	ePg	7	57	5.5						8.2	108				2.3
		Pm	7	57	5.8	0.30			0.10	9.0						
		eSg	7	57	15.4											
		Sm	7	57	18.5	0.20	0.74	0.00					2.3			
		m	7	57	28.1	0.60			0.51					2.5		
BERU	84	ePg	7	57	8.6						8.7	137				2.6
		eSg	7	57	21.0											
		m	7	57	22.4	0.25			0.14					2.1		
MUKU	93	ePg	7	57	10.0						8.1	104				2.3
		Pm	7	57	10.6	0.40			0.08	9.2						
		m	7	57	12.7	0.25			0.18					2.2		
		eSg	7	57	23.4											
		Sm	7	57	24.8	0.30	0.60	0.10					2.4			
STNU	100	ePg	7	57	12.9						8.5	126				2.5
KSV	107	ePg	7	57	13.5						8.6	134				2.6
		m	7	57	38.5	0.35			0.14					2.2		
HOLU	116	ePg	7	57	14.0						8.7	138				2.6
UZH	128	eSg	7	57	32.8											
STZU	141	ePg	7	57	18.6						8.8	142				2.6
		Pm	7	57	20.3	0.50			0.03	8.8						
		eSg	7	57	37.0											
		Sm	7	57	40.3	0.70	0.01	0.20					2.1			
		m	7	57	48.2	0.50			0.19					2.5		
SHIU	141	ePg	7	57	19.1						8.9	154				2.7
LUBU	186	ePn	7	57	25.6						8.5	125				2.5
		eSn	7	57	48.4											
BRZU	188	ePn	7	57	25.6						8.4	117				2.4
		eSn	7	57	47.7											
KMPU	213	ePn	7	57	29.5						9.0	157				2.8
		eSn	7	57	54.0											
HORU	242	eSn	7	58	0.7											
NDNU	279	ePn	7	57	37.5						9.1	170				2.9
		eSn	7	58	9.8											

№ 54. 17 ноября. Румыния, р-н Вранча.

$\theta=18^{\circ} 52'$ мин 54.9° с; $\varphi=45.6^{\circ}$ N; $\lambda=27.05^{\circ}$ E; $h=28.8$ км;

$MD=2.9(4)$; $Kp=9.3(1)$; $KD=9.2(4)$; $MSH=2.5(1)$;

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
SORM	299	P	18	53	34.8											
KMPU	333	ePn	18	53	41.1						9.2	176				2.9
		eSn	18	54	16.9											
NDNU	334	ePn	18	53	40.8						9.2	177				2.9
		eSn	18	54	16.4											
KSV	337	ePn	18	53	41.3						8.9	150				2.7
		Pm	18	53	42.1	1.40			0.03	9.3						
		eSn	18	54	18.0											
		Sm	18	54	52.6	1.65	0.10	0.10					2.5			
HORU	405	eSn	18	54	33.7											
LUBU	488	ePn	18	54	0.5						9.4	191				3.0
		eSn	18	54	52.0											

№ 55. 30 ноября. Карпаты, р-н Вранча

$\theta=16$ ч 20мин 56.9с; $\varphi=45.77^\circ$ N; $\lambda=26.73^\circ$ E; $h=134.2$ км;

$MD=3.5(8)$; $Kp=9.8(5)$; $KD=10.3(8)$; $MSH=3.2(5)$;

KIS	211	P	16	21	30.9											
CHRU	288	iP	16	21	39.6						10.3	298				3.5
		Pm	16	21	40.2	0.40			0.04	9.7						
		iS	16	22	10.8											
		Sm	16	22	16.1	0.75	0.32	0.10					3.6			
SORM	291	P	16	21	39.4											
KSV	310	+iP	16	21	41.9						10.3	297				3.5
		Pm	16	21	43.1	0.20			0.05	9.3						
		eS	16	22	15.7											
		Sm	16	22	20.6	0.20	0.13	0.04					3.2			
KMPU	312	-iP	16	21	41.5						10.3	302				3.5
		iS	16	22	15.3											
NDNU	318	-iP	16	21	42.3						10.1	274				3.4
		Pm	16	21	42.9	0.20			0.56	10.2						
		iS	16	22	15.9											
		Sm	16	22	29.5	0.35	0.09	0.02					3.1			
STNU	368	eP	16	21	48.0						10.3	299				3.5
		iS	16	22	28.8											
LUBU	461	iP	16	22	0.3						10.2	276				3.4
SIM	584	eS	16	23	11.6											
YAL	599	eP	16	22	16.0						10.1	140				3.4
		Pm	16	22	16.2	0.24				9.4						

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		eS	16	23	16.6											
		Sm	16	23	18.5	0.42	0.01	0.00					2.9			
SUDU	654	eP	16	22	22.2						10.5	180				3.6
		Pm	16	22	22.5	0.25			0.01	10.2						
		eS	16	23	27.0											
		Sm	16	23	30.0	0.41	0.01	0.02					3.3			

№ 56. 17 декабря. Карпаты, р-н Вранча

$t=0ч 4мин 18.5с$; $\varphi=45.61^{\circ}N$; $\lambda=26.48^{\circ}E$; $h=103$ км;

$MD=3.6(11)$; $Kp=9.7(7)$; $KD=10.5(11)$; $MSH=3.1(7)$;

GIUM	135	P	0	4	41.7											
		S	0	4	59.0											
KIS	237	P	0	4	52.8											
KSV	320	ePn	0	5	2.3						10.9	391				3.8
		Pm	0	5	3.6	0.30			0.10	10.2						
		eSn	0	5	36.1											
		Sm	0	6	0.3	0.20	0.20	0.10					3.5			
RAKU	322	ePn	0	5	3.5											
KMPU	329	ePn	0	5	2.7						11.1	445				4.0
		eSn	0	5	36.1											
NDNU	339	ePn	0	5	4.2											
NSLU	368	ePn	0	5	9.0											
		Pm	0	5	11.4	0.20			0.03	9.3						
		eSn	0	5	49.0											
		Sm	0	6	15.4	0.20	0.01	0.03					2.7			
KORU	381	ePn	0	5	10.7						11.0	418				3.9
TRSU	385	ePn	0	5	11.2											
		Pm	0	5	37.5	0.20			0.03	9.2						
		eSn	0	5	52.1											
		Sm	0	6	7.3	0.10	0.02	0.01					2.6			
MEZ	394	ePn	0	5	12.6						11.0	411				3.9
		Pm	0	5	13.8	0.20			0.04	9.5						
		eSn	0	5	54.2											
		Sm	0	6	7.7	0.20	0.01	0.03					2.7			
BRIU	401	ePn	0	5	13.0						10.9	389				3.8
MORS	438	ePn	0	5	19.6											
BRZU	443	ePn	0	5	18.0						10.9	403				3.9
HOLU	449	ePn	0	5	18.8						11.0	418				3.9

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
LUBU	471 ePn		0	5	21.7						11.1	424				3.9
SIM	602 P		0	5	36.3						9.0	70				2.8
	Pm		0	5	37.1	0.34			0.01	9.9						
	S		0	6	34.2											
	Sm		0	6	37.7	0.32	0.02	0.01					3.3			
YAL	616 P		0	5	38.3						9.0	70				2.8
	Pm		0	5	38.6	0.23			0.00	9.3						
	S		0	6	38.6											
	Sm		0	6	38.6	0.26	0.01	0.01					3.0			
SUDU	672 P		0	5	44.6						9.4	90				3.0
	Pm		0	5	45.8	0.28			0.00	10.6						
	S		0	6	49.6											
	Sm		0	6	54.2	0.45	0.04	0.03					3.8			

№ 57. 26 декабря. Румыния, Мармарош.

$t=16ч\ 33мин\ 42.8с$; $\varphi=47.79^{\circ}N$; $\lambda=24.38^{\circ}E$; $h=5.3\ км$;
 $MD=1.7(4)$; $Kp=7.9(3)$; $KD=7.1(4)$; $ML=1.8(3)$; $MSH=1.5(3)$;

RAKU	30 ePg	16	33	48.5							6.5	48				1.4
	Pm	16	33	48.7	0.10				0.04	7.7						
	eSg	16	33	53.0												
	m	16	33	53.7	0.15				0.12					1.5		
	Sm	16	33	53.7	0.20	0.60	0.06						1.7			
KSV	77 ePg	16	33	57.1							7.3	71				1.8
NSLU	82 ePg	16	33	57.7							6.8	56				1.6
	Pm	16	33	58.0	0.20				0.02	7.8						
	eSg	16	34	8.8												
	m	16	34	11.7	0.20				0.28					2.3		
	Sm	16	34	11.8	0.30	0.06	0.01						1.3			
MEZ	103 eSg	16	34	14.6												
BRIU	118 ePg	16	34	4.1							7.6	82				2.0
	Pm	16	34	4.3	0.10				0.02	8.2						
	eSg	16	34	19.6												
	m	16	34	21.8	0.45				0.02					1.5		
	Sm	16	34	30.6	0.10	0.06	0.00						1.5			
KMPU	177 eSn	16	34	34.2												
RAKU	30 ePg	16	33	48.5							6.5	48				1.4
	Pm	16	33	48.7	0.10				0.04	7.7						
	eSg	16	33	53.0												

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		m	16	33	53.7	0.15			0.12					1.5		
		Sm	16	33	53.7	0.20	0.60	0.06					1.7			
KSV	77	ePg	16	33	57.1						7.3	71				1.8
NSLU	82	ePg	16	33	57.7						6.8	56				1.6
		Pm	16	33	58.0	0.20			0.02	7.8						
		eSg	16	34	8.8											
		m	16	34	11.7	0.20			0.28					2.3		

№ 58. 26 декабря. Черновицкая обл., р-н г.Новоднестровск.

$t=21ч\ 45мин\ 23с; \varphi=48.61^{\circ}N; \lambda=27.35^{\circ}E; h=2\ км;$

$MD=1.0(2); KD=5.8(2); ML=0.8(1);$

NDNU	2,2	ePg	21	45	23.2						5.6	31				0.9
		eSg	21	45	23.8											
		m	21	45	26.3	0.20			0.36					0.8		
KMPU	66	eSg	21	45	41.7											
HORU	95	ePg	21	45	38.8						6.0	37				1.1
KSV	172	eSn	21	46	10.8											
STNU	210	eSn	21	46	19.9											

№ 59. 29 декабря. Черновицкая обл., р-н г.Новоднестровск.

$t=11ч\ 50мин\ 48.8с; \varphi=48.57^{\circ}N; \lambda=27.28^{\circ}E; h=2\ км;$

$MD=1.5(5); Kp=6.9(2); KD=6.7(5); ML=1.7(3); MSH=1.5(2);$

NDNU	6,9	iPg	11	50	49.8						5.9	36				1.0
		Pm	11	50	49.8	0.05			0.14	5.5						
		iSg	11	50	50.8											
		Sm	11	50	50.9	0.05	0.54	0.24					0.9			
		m	11	50	51.1	0.20			0.90					1.6		
KMPU	61	ePg	11	50	58.5						6.4	45				1.3
		eSg	11	51	5.0											
HORU	95	ePn	11	51	4.4						6.6	49				1.4
		m	11	51	6.9	0.15			0.04					1.6		
KSV	166	ePn	11	51	15.8						7.0	61				1.7
		Pm	11	51	16.2	0.05			0.02	8.4						
		eSn	11	51	34.9											
		Sm	11	51	37.5	0.20	0.01	0.15					2.1			
		m	11	51	38.9	0.15			0.03					1.8		
STNU	205	ePg	11	51	21.4						7.6	80				2.0

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
		eSn	11	51	43.8											
LUBU	241	eSn	11	51	54.0											

№ 60. 30 декабря. Карпаты, р-н Вранча

$t=14ч\ 56мин\ 59.5с$; $\varphi=45.85^{\circ}N$; $\lambda=26.77^{\circ}E$; $h=83.1\ км$;
 $MD=3.7(19)$; $Kp=10.1(12)$; $KD=10.7(19)$; $MSH=3.6(12)$;

GIUM	119P		14	57	20.7											
	S		14	57	35.6											
CHRU	279eP		14	57	39.2						10.9	391				3.8
	Pm		14	57	43.8	0.30			0.09	9.8						
	eS		14	58	7.2											
	Sm		14	58	9.8	0.30	0.20	1.20					4.1			
SORM	280P		14	57	38.8											
KMPU	302eP		14	57	41.0						11.2	448				4.0
	eS		14	58	10.7											
KSV	303eP		14	57	41.4						11.1	426				3.9
	Pm		14	57	44.4	1.30			0.02	9.6						
	eS		14	58	13.7											
	Sm		14	58	14.4	0.50	0.01	0.20					3.4			
NDNU	308iP		14	57	42.2						10.9	402				3.9
	Pm		14	57	42.7	0.20			0.10	9.5						
	eS		14	58	12.1											
	Sm		14	58	12.7	0.30	0.03	0.20					3.4			
RAKU	312eP		14	57	43.3						10.9	398				3.8
	Pm		14	57	44.6	1.00			0.01	9.4						
	eS		14	58	14.4											
	Sm		14	58	15.9	0.60	0.20	0.05					3.4			
STNU	361eS		14	58	27.3											
NSLU	362+iP		14	57	49.4						10.8	380				3.8
	Pm		14	57	51.5	0.60			0.02	9.2						
	eS		14	58	25.5											
	Sm		14	58	28.9	0.80	0.14	0.04					3.3			
HORU	375eP		14	57	49.6						11.2	448				4.0
	eS		14	58	26.7											
MEZ	385eP		14	57	52.3						10.9	405				3.9
	Pm		14	57	53.8	0.80			0.02	9.8						
	eS		14	58	31.0											
	Sm		14	58	36.4	1.00	0.12	0.09					3.4			

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ В 2021 ГОДУ

Продолжение таблицы 5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
BRIU	396	eP	14	57	52.9						11.0	420				3.9
BERU	410	eP	14	57	55.1						10.8	367				3.8
		Pm	14	57	56.2	0.90			0.03	9.2						
		eS	14	58	35.0											
		Sm	14	58	35.9	0.50	0.04	0.08					3.2			
BRZU	423	eP	14	57	56.9						10.8	369				3.8
		eS	14	58	37.7											
HOLU	445	eP	14	57	56.1						10.8	373				3.8
LUBU	453	eP	14	58	1.4						11.0	419				3.9
		eS	14	58	44.7											
STZU	470	+iP	14	58	3.5						10.8	370				3.8
SIM	582	-eP	14	58	14.2						10.3	160				3.5
		Pm	14	58	22.5	0.30			0.03	10.6						
		iS	14	59	12.9											
		Sm	14	59	14.7	0.30	0.03	0.05					3.7			
YAL	598	eP	14	58	18.5						9.9	128				3.3
		Pm	14	58	18.6	0.30			0.02	10.6						
		eS	14	59	16.6											
		Sm	14	59	18.7	0.30		0.03					3.6			
ALU	611	iP	14	58	19.2						9.9	132				3.3
		Pm	14	58	19.4	0.30			0.01	11.5						
		eS	14	59	18.9											
		Sm	14	59	23.9	0.30		0.20					4.3			
SUDU	651	-iP	14	58	24.0						10.3	155				3.5
		Pm	14	58	24.6	0.20			0.03	11.4						
		iS	14	59	26.8											
		Sm	14	59	32.0	0.50		0.10					3.9			
FEO	675	eP	14	58	27.8						9.9	125				3.3
		Pm	14	58	28.2	0.20			0.02	10.8						
		eS	14	59	34.4											
		Sm	14	59	37.9	0.30		0.04					3.7			

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; №32(199)). М.: АН СССР, 1964. С. 88–93.

3. Раутиан Т. Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; №9(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. В. 1979, «FASTHYPO – a hypocenter location program». Earthquake notes, vol. 50, no. 2., 1979, 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. Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2004. С. 119–126.
7. Кутас В. В., Руденская И. М., Калитова И. А. Карпатский годограф *P*- и *S*-волн и неоднородности литосферы // Геофиз. журн. 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., Нищименко И. М., Келеман И. Н., Герасименюк Г. А. Сейсмичность Карпат в 2020 году // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. Том 7(73), №4. 2021. С. 87–163.
10. Медведев С. В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. М.: МГК АН СССР, 1965. 11 с.
11. Пронишин Р. С., Вербицкий С. Т., Стасюк А. Ф. Микулинецкое землетрясение 3 января 2002 года. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2002 год. Симферополь, 2004. С. 97–114.
12. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. / Отв. ред. Н. В. Кондорская, Н. В. Шебакин. М.: Наука, 1977. 535 с.

THE SEISMICITY OF THE CARPATHIANS IN 2019

*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.
E-mail: pronrom@gmail.com*

In 2021 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», «Holmets», «Lubeshka», «Berezhany» (from august 2021) and «Medzhibizh» (from October 2021). 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: $45^{\circ}N-21^{\circ}E$; $50.5^{\circ}N-21^{\circ}E$, $50.5^{\circ}N-25^{\circ}E$, $45.5^{\circ}N-25^{\circ}E$, $49.5^{\circ}N-30^{\circ}E$, $44^{\circ}N-30^{\circ}E$, $44^{\circ}N-25^{\circ}E$, $45^{\circ}N-25^{\circ}E$.

In total in 2021 a network of seismic stations in the Carpathian region recorded 60 earthquakes in the energy level range of $K_R = 4.4 \div 12.2$. The total energy released was $\Sigma E = 3.13 \cdot 10^{12} J$, which is lower than the level of the previous year $\Sigma E = 1.11 \cdot 10^{13} J$.

Increased seismic activity this year was observed in Transcarpathia and in the Vrancea mountains. In the Transcarpathia region, 19 earthquakes with the energy class $K_R = 4.4 \div 9.6$.

Their total seismic energy was $\Sigma E = 4.08 \cdot 10^9 J$. The strongest of them were recorded on October 27 at 01:44 with $K_R = 9.6$ and a depth of $h = 13.4 \text{ km}$.

In the seismically active area of Vrancea, a network of seismic stations in the Carpathian region of Ukraine recorded 20 earthquakes of the energy class $K_R=8.4\div 12.2$ were recorded, their total seismic energy was $\Sigma E=2.32 \cdot 10^{12} J$. The foci of the Vrancea earthquakes are concentrated at a depth of $h=80\div 160 \text{ km}$ (16 events) and $h=7\div 18 \text{ km}$ (4 events). The greatest activity in the Vrancea region was observed in April and 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 Vranca zone and other areas.

This year, an increase in seismic activity is observed on the territory of Bukovina. In total registered here 7 earthquakes with a total energy of $\Sigma E=5.01 \cdot 10^{11} J$. The foci of earthquakes are located in the earth's crust at a depth of 2.0 and 7 km. The strongest earthquake was registered on September 23 in the Ternopil region near the town of Chortkiv with an energy class of $K_R=11.7$ and a magnitude of $MSH=3.6$ at a depth of $h=5.1 \text{ km}$. The intensity in the epicentral zone was more than 5 points. It was felt within a radius of more than 100 km.

The article describes the features of seismicity of the Carpathian region in 2021. 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, energy class, epicenter, magnitude.

References

1. Instrukciya o poryadke proizvodstva i obrabotki nablyudenij na sejsmicheskikh stanciyah Edinoj sistemy sejsmicheskikh 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 distances up 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, T. 2. Moscow: AN SSSR, 1974, pp.180–194 (in Russian).
5. Herrmann R. B. FASTHYPO – a hypocenter location program // Earthquake notes. 1979, Vol. 50, no. 2, pp. 25–37.
6. Kutas V. V., Pronishin R. S., Rudenskaya I. M. Ispol'zovanie makrosejsmicheskikh dannyh pri raschete zakarpatskogo godografa P - i S -voln. (Use of macroseismic data in the calculation of the Transcarpathian locus of P - and S -waves). Seismologicheskij byulleten' Ukrainy za 2002 god. Sevastopol': NPC «EKOSI-Gidrofizika», 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 lithosphere). Geofizicheskij zhurnal, 1999, Vol. 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.

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 2020 godu (Seismicity of the Carpathians in 2020). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2021, Vol. 7(73), no. 4, pp. 87–163 (in Russian).
10. Medvedev S. V., Shponhojer V., Karnik V. Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64 (The scale MSK-64 seismic intensity). Moscow: MGK AN SSSR, 1965, 11 p. (in Russian).
11. Pronishin R. S., Verbitskiy S. T., Stasyuk A.F. Mikulineckoe zemletryasenie 3 yanvarya 2002 goda (Mikulinetz earthquake on January 3, 2002). Seysmologicheskiy byulleten Ukrainy za 2002 god. Simferopol, 2004, pp. 97–114 (in Russian).
12. Novyj katalog sil'nyh zemletryasenij na territorii SSSR s drevnejshih vremen do 1975 g. / Otv. red. N. V. Kondorskaya, N. V. Shebalin. (A new catalog of strong earthquakes on the territory of the USSR from ancient times to 1975 / Ed. ed. N. V. Kondorskaya, N. V. Shebalin). Moscow: Nauka, 1977, 535 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 25.09.2022 г.

УДК 550.348.435

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО- ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Вольфман Ю. М.¹, Пустовитенко Б. Г.², Колесникова Е. Я.³

^{1,3}Институт сейсмологии и геодинамики, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Российская Федерация.

²ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», Симферополь, Российская Федерация.

E-mail: ¹seism.volf@gmail.com, ²bpustovitenko@mail.ru

Приведены результаты исследования кинематических обстановок и деформационных режимов сейсмогенеза Крымско-Черноморского региона. Применен метод тектонофизического анализа разрывов и смещений в очагах землетрясений. Используются имеющиеся решения механизмов очагов землетрясений региона по состоянию на 2022 год. Построены стереографические квазимодели сейсмогенеза, которые аппроксимируют значения параметров фокальных механизмов, соответствующих разным типам кинематических обстановок. Установлены основные особенности локальных трансформаций сейсмогенерирующих полей напряжений. Рассмотрены случаи возможного отражения процессов сейсмогенного разрывообразования в особенностях геологического строения и современного развития Крыма и прилегающих территорий.

Ключевые слова: сейсмогенез, поля напряжений, оси напряжений, фокальные механизмы землетрясений, кинематические обстановки, трансформации полей напряжений.

ВВЕДЕНИЕ

Со времени публикации работы, в которой были проанализированы кинематические обстановки и деформационные режимы сейсмогенного разрывообразования Крымско-Черноморского региона [1], произошло существенное (почти на 50%) пополнение регионального каталога решений механизмов очагов [2–5 и др.], который в настоящее время насчитывает 52 события. При этом для некоторых из ранее рассматриваемых событий авторами были уточнены параметры фокальных механизмов. Наличие нового фактического материала расширило возможности исследования процессов сейсмогенеза с применением методов тектонофизического анализа. Учитывая вышесказанное, целью настоящей работы является анализ сейсмогенерирующих полей напряжений региона с использованием всех новых данных, а также верификация ранее полученных выводов об особенностях проявления регионального сейсмогенеза и проверка корректности применяемых в процессе тектонофизического анализа методических приемов.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДАННЫХ

Общий уровень сейсмичности Крымско-Черноморского региона несколько ниже, чем в пределах остальной части периферии Черного моря – на Кавказе, в Турции или Румынии, а периоды повторяемости сильных и катастрофических землетрясений здесь более длительные, чем в указанных регионах. Это

обстоятельство отразилось как на репрезентативности выборки данных по решениям механизмов очагов для Крымско-Черноморского региона, так и на фактологическом наполнении самих решений ввиду ограниченной возможности регистрации первых вступлений от землетрясений с невысокими магнитудами (особенно в период до 2000 г. при аналоговом способе регистрации малым числом сейсмических станций). Тем не менее, имеющийся материал позволяет получить весьма значимые сведения о сейсмогенерирующих полях напряжений, которые согласуются с закономерностями, ранее установленными в пределах других сегментов Средиземноморского пояса [6].

В процессе тектонофизического анализа сейсмогенеза Крымско-Черноморского региона задействовано 52 решения механизмов очагов (т. е. все, имеющиеся на момент подготовки настоящей работы, табл. 1). Решения механизмов очагов выполнены на основе теории дислокации в рамках модели двойного диполя без момента по стандартной методике [7, 8] с использованием знаков первых вступлений сейсмических волн на станции регистрации.

Таблица 1.

Каталог механизмов очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона

№ п/п	Дата	Координаты очага			M _w	Нодальные плоскости		Оси главных напряжений			Деф. режим
		φ°N	λ°E	h, км		NP1/ DP	NP2/ DP	P/PL	N/PL	T/PL	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	11.09.1927	44.3	34.3	15	6.9	111/69	334/28	263/62	28/17	125/22	Сб
2	12.07.1966	44.7	37.3	55	5.8	165/43	308/53	325/05	233/19	69/70	В
3	22.07.1972	44.8	37.2	19	4.5	102/62	4/74	325/08	68/57	230/32	В-сд
4	06.08.1972	44.6	32.7	15	4.7	318/72	221/69	90/28	265/62	359/02	Сд
5	20.02.1973	45.03	36.52	25	4.5	324/19	210/82	50/50	298/18	195/35	Сд-сб
6*	1955-1975	44.2	34.2	15	2.5	75/15	301/80	134/54	29/11	292/34	Сд-сб
7*	1955-1975	44.5	34.3	5	2.5	153/20	290/75	301/29	204/13	92/58	В
8*	1955-1975	44.7	34.8	20	2.5	75/15	301/80	134/54	29/11	292/34	Сд-сб
9	17.04.1975	43.83	32.44	46	4.2	330/18	146/72	147/27	57/01	325/63	В
10	03.09.1978	44.4	38.0	20	5.8	222/70	87/27	236/23	139/18	14/60	В
11	13.11.1981	45.27	29.01	11	5.1	118/81	210/82	254/01	159/78	344/12	Сд
12	05.07.1984	44.49	34.46	18	4.3	154/71	262/49	122/13	225/43	19/44	В-сд
13	03.03.1986	43.52	31.69	18	4.3	166/80	58/29	188/30	81/26	318/48	В
14	02.04.1988	44.98	32.01	13	4.2	170/58	32/40	188/10	94/22	301/66	В
15	02.07.1990	44.78	34.53	14	4.3	183/59	311/44	160/08	254/28	55/61	В

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ
МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	16.08.1990	44.7	35.06	28	4.9	234/65	22/29	81/67	317/14	223/18	Сб
17	25.07.1991	43.12	31.3	11	4.0	181/11	29/80	215/55	118/05	24/35	Сд-сб
18	29.03.1992	45.3	31.0	33	4.3	212/87	353/04	35/48	302/02	210/42	Сд-сб
19	27.08.1992	44.72	37.44	24	4.6	225/35	355/66	14/17	277/23	136/61	В
20	22.11.1996	44.51	34.16	10	3.2	97/79	195/54	61/16	173/52	320/34	В-сд
21	09.06.1997	43.31	35.85	22	4.6	206/50	356/44	192/03	283/15	91/74	В
22	18.10.1998	44.05	33.68	22	4.9	329/81	73/33	304/29	53/32	181/45	В-сд
23	02.06.1999	44.59	34.48	19	4.0	161/65	272/54	129/07	225/43	32/46	В-сд
24	08.08.1999	44.71	37.71	37	3.8	182/57	348/34	27/77	268/07	176/12	Сб
25	04.03.2001	43.06	35.37	20	4.7	273/39	60/56	71/09	342/17	192/71	В
26	09.11.2002	44.82	37.7	29	5.6	330/50	82/66	113/10	14/41	213/48	В-сд
27	13.03.2005	44.72	37.14	6	4.4	134/41	8/59	240/59	78/29	344/08	Сб
28	07.02.2006	44.46	34.33	13	3.4	10/72	217/20	176/62	283/09	17/27	Сб
29	05.10.2007	44.56	37.08	18	4.3	215/55	11/38	205/09	297/12	78/75	В
30	07.05.2008	45.34	30.95	11	4.8	171/45	353/45	352/00	82/01	262/89	В
31	04.07.2008	45.31	31.01	30	3.7	274/46	73/46	264/00	354/10	174/80	В
32	12.04.2009	44.16	34.23	20	4.3	276/45	70/48	82/02	352/13	181/76	В
33	17.03.2011	43.39	36.13	31	4.1	209/28	16/63	20/18	289/05	183/71	В
34	09.09.2011	44.39	34.34	20	3.5	215/63	20/28	51/71	302/06	210/18	Сб
35	30.01.2012	44.66	36.83	17	3.6	17/47	133/65	161/10	63/30	265/52	В
36	10.12.2012	44.83	37.54	24	4.3	27/76	132/45	247/43	104/40	356/19	Сб-сд
37	01.05.2013	44.64	36.6	11	3.8	130/58	263/43	3/64	203/25	109/08	Сб
38	15.10.2013	44.53	34.35	7	3.7	121/55	271/38	108/08	200/15	350/72	В
39	09.12.2013	44.49	34.34	17	3.5	122/56	270/39	108/09	201/16	350/72	В
40	02.03.2014	44.30	34.33	28	4.1	134/57	274/41	5/68	210/21	117/06	Сб
41	18.10.2014	42.74	35.11	16	3.8	32/77	296/64	72/09	326/60	167/28	Сд
42	16.08.2015	44.56	37.39	7	3.8	257/45	66/45	162/84	342/06	252/0	Сб
43	13.05.2016	44.63	34.41	13	3.6	73/71	333/63	205/33	14/56	116/05	Сб-сд
44	28.06.2016	42.46	31.59	35	4.1	155/54	338/36	156/09	66/02	325/81	В
45	22.07.2016	42.35	34.95	25	4.3	356/48	212/48	14/00	284/19	104/71	В
46	15.10.2016	42.22	30.72	8	5.1	146/47	326/43	146/02	236/00	335/88	В
47	22.07.2017	44.72	36.74	9	4.0	352/55	195/37	02/09	270/11	130/76	В
48	31.01.2018	44.74	37.14	10	4.0	351/75	238/35	135/50	270/31	15/23	Сб-сд
49	24.04.2018	44.86	37.56	33	4.0	221/46	58/46	229/00	139/09	319/81	В
50	09.09.2018	44.49	35.80	35	3.9	236/54	38/37	93/78	319/09	228/09	Сб
51	13.09.2018	44.42	34.41	29	3.7	184/48	328/48	76/71	256/19	166/00	Сб
52	15.10.2018	46.30	37.24	6	4.1	04/46	164/46	354/00	84/11	264/80	В

Примечания к табл. 1: 1) типы деформационных режимов: Сб — сбросовый, В — взбросовый, Сд — сдвиговый, В-сд — взбросо-сдвиговый, Сб-сд — сбросо-сдвиговый, Сд-сб — сдвиго-сбросовый; 2) параметры нодальных плоскостей и осей главных напряжений: азимут падения/угол падения; 3) звездочками (*) обозначены композитные механизмы, полученные путем усреднения значений параметров локальных групп очагов слабых ($M \leq 2.5$) землетрясений.

Землетрясения, для которых были получены решения механизмов очагов, неравномерно рассредоточены в пределах всего региона — от прибрежной части Северной Добруджи (на западе) до района Нижней Кубани (на востоке) в полосе широт $\varphi=42\div 46^\circ\text{N}$. Большая их часть тяготеет к области континентального склона южнее Крымского полуострова и к зоне сочленения Индо-Кубанского прогиба с Туапсинской впадиной. Эти области максимальной концентрации очагов землетрясений обозначены, соответственно, как Южнобережная и Туапсинско-Анапская сейсмогенные зоны (рис. 1). В меньшем количестве получены решения механизмов для землетрясений, локализованных в пределах северо-западного шельфа Черного моря, в Западно-Черноморской впадине и в районе Центрально-Черноморского поднятия (вал Андрусова).

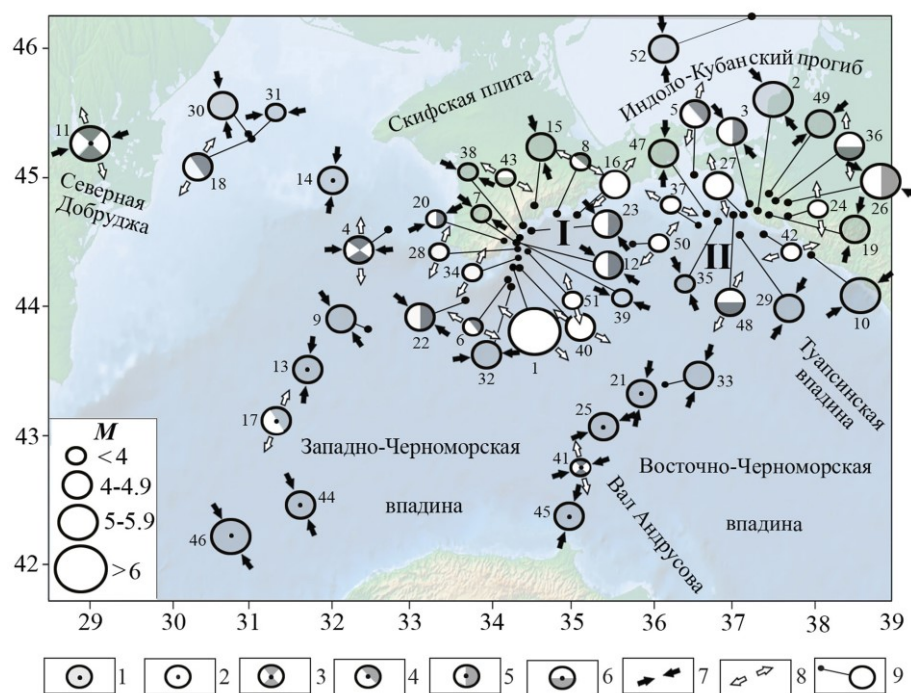


Рис. 1. Схема размещения землетрясений Крымско-Черноморского региона, для которых получены решения механизмов очагов. Условные обозначения: 1–6 — тип деформационного режима в очаге (1 — взбросовый, 2 — сбросовый, 3 — сдвиговый, 4 — сдвиго-сбросовый, 5 — взбросо-сдвиговый, 6 — сбросо-сдвиговый); 7–8 — направление действия напряжений, обусловивших кинематические обстановки формирования очагов (7 — сжатия, 8 — растяжения); 9 — очаги, снесенные от их местоположения; размер пуансонов пропорционален магнитуде землетрясения (врезка в левом нижнем углу). Арабские цифры — номера очагов в табл. 1; римские цифры — области максимальной концентрации очагов землетрясений (основные сейсмогенные зоны): I — Южнобережная, II — Туапсинско-Анапская.

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Характер распределения очагов, отражающих различные условия формирования и деформационные режимы, указывает на многообразие обстановок сейсмогенеза в регионе, с одной стороны, и на отсутствие приуроченности исключительно однотипных фокальных механизмов к определенным геоструктурным элементам – с другой. Это обусловлено, на наш взгляд, не столько недостаточной статистической представительностью анализируемого материала (решений механизмов очагов) для такого сложного в геологическом отношении сегмента литосферы, каким является Черное море и прилегающие территории, сколько неравновесным состоянием рассматриваемой геодинамической системы.

Из 52-х анализируемых фокальных механизмов 49 отражают условия формирования разрывов и смещений в очагах конкретных землетрясений. В трех случаях (6*, 7*, 8* в табл. 1) представлены решения композитного механизма для локальных групп очагов слабых сейсмических событий с $M_w \leq 2.5$, полученные по совокупности знаков первых вступлений продольных волн на сейсмические станции Крыма с использованием методики [9]. Примененный при этом метод расчета тензора среднего механизма [10] основан на постулате о подобии процессов сеймотектонического течения в пространственно компактной зоне очагов относительно слабых землетрясений, приуроченных к определенным геологическим структурам.

В исследуемой выборке 30 очагов взбросового и взбросо-сдвигового типов отражают обстановки сжатия, действующего в разных направлениях; 19 фокальных механизмов сбросового и остальных деформационных режимов свидетельствуют об условиях разноориентированного регионального растяжения. Формирование 3-х сдвиговых очагов было равновероятно как в обстановках сжатия, так и в условиях растяжения (табл. 2).

Таблица 2.

Распределение идентифицированных механизмов очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона по магнитудам и деформационным режимам

<i>Обстановки</i> Деформационные режимы	Магнитуды M_w				Σ
	4.0	4.0-4.9	5.0-5.9	≥ 6.0	
<i>Региональное сжатие</i>					
Взбросовый	6	15	3	-	24
Взбросо-сдвиговый	1	4	1	-	6
<i>Всего</i>	7	19	4	-	30
<i>Региональное растяжение</i>					
Сбросовый	6	4	-	1	11
Сдвиго-сбросовый	2	3	-	-	5
Сбросо-сдвиговый	2	1	-	-	3
<i>Всего</i>	10	8	-	1	19
<i>Рег. сжатие или растяжение</i>					
Сдвиговый	1	1	1	-	3
<i>Итого</i>	18	28	5	1	52

Большая часть землетрясений исследуемой выборки является коровыми: очаги 43-х из них сформировались на глубинах до 30 км, 7-ми — в интервале от 30 до 40 км. Два события (12.07.1966 г. с $h=55$ км — №2 и 17.04.1975 г. с $h=46$ км — №9¹ в табл. 1), учитывая возможные погрешности определения глубины очага, могут рассматриваться, как пограничные — нижнекоровые или верхнемантийные.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ; ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

Методологическую основу тектонофизического анализа региональной выборки фокальных механизмов составил способ построения стереографических моделей, предложенный и апробированный в процессе изучения сейсмогенного разрывообразования в пределах отдельных сегментов Средиземноморского пояса, для которых имелись вполне статистически представительные данные – в Загросе, Вранча и других [6, 11, 12]. В ходе исследований было установлено, что при сопоставлении решений механизмов очагов значения их параметров (ориентировки нодальных плоскостей со сходными траекториями подвижек, проекции векторов смещений и осей главных напряжений), как правило, образуют обособленные скопления в пределах ограниченных сегментов стереограмм. Позиции этих совокупностей зачастую настолько различаются между собой, что каждая из них априори может рассматриваться как следствие разных условий сейсмогенного разрывообразования, которые проявляются:

— в разных *кинематических обстановках*, отражающих воздействие напряжений сжатия или растяжения в регионе и особенности ориентировок их главных осей относительно сторон света;

— в многообразии *деформационных режимов* разрывообразования (классификация и описание которых приведены ниже) в очагах анализируемых землетрясений.

Эти факторы заложены в основу унификации сейсмогенерирующих полей напряжений для групп очагов, характеризуемых общностью кинематических обстановок и деформационных режимов. При этом очаги, имеющие близкие (соответствующие одному полю напряжений) пространственно-кинематические параметры, в процессе обработки объединялись в *структурно-кинематические парагенезисы сейсмогенных разрывов и смещений* (далее — структурно-кинематические парагенезисы или парагенезисы), отражение которых на стереограмме рассматривалось в качестве *стереографической модели* соответствующего типа сейсмогенеза. Пример одного из таких построений для системы Загрос приведен на рисунке 2. В отдельных случаях такая модель могла быть получена путем усреднения значений параметров нескольких парагенезисов, характеризующих общую для них кинематическую обстановку. При закономерном

¹ Чтобы не перегружать изложенное, далее в тексте при ссылке на то или иное землетрясение из табл. 1 приводится, как правило, только его порядковый номер без указания даты события и остальных параметров (если таковые не являются предметом специального рассмотрения).

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

и/или компактном расположении землетрясений, фокальные механизмы которых были аппроксимированы одной моделью, последняя рассматривалась и в качестве стереографической модели сейсмогенной или очаговой зоны.

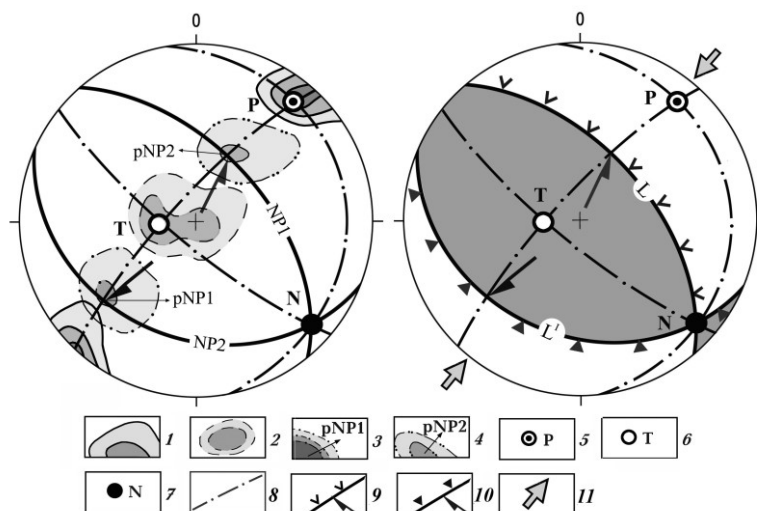


Рис. 2. Пример построения стереографической модели сейсмогенеза взбросового типа системы Загрос для кинематической обстановки юго-западно–северо-восточного сжатия (по [11], фрагмент). Условные обозначения: 1–4 — изолинии плотностей параметров решений механизмов очагов: осей максимального (1) и минимального (2) сжатия, полюсов нодальных плоскостей $NP1$ (3) и $NP2$ (4); 5–7 — проекции осей главных напряжений (5 — максимального сжатия, 6 — минимального сжатия, 7 — промежуточной); 8 — проекции плоскостей размещения осей главных напряжений; 9–10 — нодальные плоскости и их структурно-кинематическая характеристика — взбросы (9), надвиги (10), стрелками указано направление перемещения лежачего крыла разрыва; 11 — реконструированное направление регионального сжатия.

Идентификация деформационных режимов в очагах выполнялась в соответствии с классификацией О. И. Гущенко и др. (табл. 3), в основу которой заложены соотношения углов наклона осей главных напряжений [13, 14]. Прообразом этой классификации принято считать положение Е. М. Андерсона о том, что для земной коры одно из главных нормальных напряжений, как правило, является субвертикальным, а два других — субгоризонтальными [15], обуславливая возникновение 3-х основных типов разрывов. При субвертикальном положении оси сжатия² (применительно к фокальным механизмам — оси P) образуются сбросы, при

² Правильнее сказать, что, вообще говоря, ось P — это «ось максимального сжатия или минимального растяжения»; аналогичное замечание относится и к оси T , которая является «осью максимального растяжения или минимального сжатия». Какая из этих составляющих

таком же положении промежуточной оси N — сдвиги; для взбросов (или надвигов) субвертикальной является ось T . Соответствующие деформационные режимы разрывообразования (сбросовый, сдвиговый и взбросовый в табл. 3) отнесены (по [14]) к «идеальным».

Таблица 3.

Величины углов наклона осей главных напряжений для различных деформационных режимов (по [13, 14] с изменениями; адаптировано применительно к параметрам решений механизмов очагов землетрясений)

1	Взбросовый	$P \leq 30^\circ$	$N \leq 30^\circ$	$T \geq 45^\circ$
2	Сбросовый	$P \geq 45^\circ$	$N \leq 30^\circ$	$T \leq 30^\circ$
3	Сдвиговый	$P \leq 30^\circ$	$N \geq 45^\circ$	$T \leq 30^\circ$
4	Взбросо-сдвиговый	$P \leq 30^\circ$	$N > 30^\circ$	$T > 30^\circ$
5	Сбросо-сдвиговый	$P > 30^\circ$	$N > 30^\circ$	$T \leq 30^\circ$
6	Сдвиго-сбросовый	$P > 45^\circ$	$N < 30^\circ$	$45^\circ < T \leq 30^\circ$
7	Сдвиго-взбросовый	$45^\circ < P \leq 30^\circ$	$N < 30^\circ$	$T > 45^\circ$
8	Октаэдрический	$P > 30^\circ$	$N > 30^\circ$	$T > 30^\circ$

Поля напряжений, обусловившие проявления этих режимов, нами отнесены к категории *первичных, нетрансформированных*, в отличие от *вторичных (трансформированных)* систем напряжений, способствующих возникновению остальных деформационных режимов – взбросо-, сбросо-сдвигового и других. Это положение подтверждается и количественными соотношениями проявлений сейсмогенеза соответствующих типов как в Крымско-Черноморском регионе (табл. 2), так и пределах Средиземноморского пояса.

Отметим, что в классификацию [13, 14] нами были внесены изменения, так как один из приведенных в ней деформационных режимов, а именно – «взбросо-сбросовый» (с углами наклона осей $P > 30^\circ$, $N < 30^\circ$, $T > 30^\circ$), содержал противоречие в самом его определении, поскольку мог одновременно отражать противоположные условия сейсмогенеза. Безусловно, в авторской трактовке классификации [13, 14], речь идет не о *типе смещения* «взбросо-сброс», какового в природе не существует, а о *типе деформационного режима*, характеризующего противоположные в кинематическом отношении условия разрывообразования. Нодалльные плоскости в очагах землетрясений взбросо-сбросового типа идентифицируются или как взбросы (при углах наклона оси P в интервале $30^\circ \div 45^\circ$), или как сбросы (при таких же углах наклона оси T), отражая в первом случае обстановки регионального или локального

является определяющей в каждом конкретном случае, зависит от кинематической обстановки в данный момент в регионе — сжатия или растяжения. Следует учесть, что в обстановках сжатия субвертикальная ось T является только «осью минимального сжатия», так как в природе не существует сколько-нибудь значимых факторов, способных обеспечить растяжение массива в вертикальном направлении, в то время как литостатическое давление (обеспечивающее эффект сжатия в этом же — вертикальном направлении) присутствует постоянно, возрастая с увеличением глубины.

сжатия, во втором — растяжения. Но дуализм, содержащийся в самом названии режима, во-первых, обуславливал необходимость дополнительных комментариев при рассмотрении каждого конкретного фокального механизма, и, во-вторых, иногда приводил к неверной трактовке сейсмотектоники региона. Так, в работе [16] все очаги Крымско-Черноморского региона, характеризующиеся взбросо-сбросовым режимом, отнесены к разряду «шарьяжных» только на том основании, что одна из нодальных плоскостей является чрезвычайно пологой. Это искажает как кинематическую обстановку формирования сейсмогенеза данного типа, так и геодинамическую картину современного развития исследуемой территории, поскольку в пределах Крымско-Черноморского региона *все без исключения* фокальные механизмы так называемого взбросо-сбросового типа имеют углы наклона оси T в интервале $30^{\circ}\div 45^{\circ}$, указывая на то, что соответствующие им очаги возникали в условиях растяжения. Учитывая сказанное, мы сочли необходимым усложнить классификацию, разбив взбросо-сбросовый режим на два типа – *сдвиго-сбросовый* и *сдвиго-взбросовый* (табл. 3), которые однозначно характеризуют обстановки, соответственно, растяжения и сжатия. Их названия предопределены преобладающими структурно-кинематическими типами нодальных плоскостей: в фокальных механизмах первого из этих режимов они представлены сдвиго-сбросами и сбросами, второго — сдвиго-взбросами, взбросами и надвигами.

Как отмечено выше, в процессе анализа регионального сейсмогенеза было установлено, что в выборках фокальных механизмов, отвечающих той или иной кинематической обстановке, выделяются:

1. Совокупности очагов, которые имеют близкие значения основных параметров и характеризуются деформационными режимами, отнесенными (по [14]) к категории «идеальных» – взбросовым, сбросовым и сдвиговым. В количественном отношении в Крымско-Черноморском регионе эти очаги доминируют, составляя 73% от общего числа идентифицированных фокальных механизмов и являясь, таким образом, основными индикаторами кинематических обстановок в регионе при всем их многообразии.

2. Очаги, значения параметров которых существенно отличаются от основной массы фокальных механизмов, отражая проявления «комбинаторных» (взбросо- и сбросо-сдвигового, сдвиго-сбросового) типов деформационных режимов. Такие очаги, составляя всего 27% от общего количества, присущи не всем кинематическим обстановкам: они не проявились в обстановках субмеридионального сжатия, субширотного сжатия и растяжения, а также отсутствуют в выборке фокальных механизмов сдвигового типа.

В первом случае вариации значений основных параметров фокальных механизмов рассматриваются как следствие *флуктуаций* (от лат. *fluctuatio* – колебание, отклонение) основного, первичного (нетрансформированного) поля напряжений, которые не приводят к проявлению «комбинаторных» деформационных режимов разрывообразования. Эти флуктуации учитываются при построении структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений, удовлетворяющих одному полю напряжений и в конечном итоге – являющихся наполнением квазимодели сейсмогенеза для соответствующей этому полю кинематической

обстановки. Кроме естественных флуктуаций первичного поля, причиной подобных отклонений могут быть допуски, неизбежные вследствие ограниченного количества используемых данных, а также особенности методики построения фокальных механизмов. Согласно этой методике [7, 8], в решениях механизмов очагов положение взаимноперпендикулярных (по определению) нодальных плоскостей совпадает с плоскостями действия главных касательных напряжений, то есть под углом 45° к направлению осей нормальных напряжений. При этом не учитывается возможность формирования разрывов в направлениях, учитывающих влияние внутреннего трения в горном массиве, то есть не взаимноперпендикулярных, а отклоняющихся в сторону оси максимального сжатия (или минимального растяжения) на угол $(45-\alpha)^\circ$, где α — угол скалывания. Однако экспериментальные и полевые тектонофизические исследования показывают, что хрупкие деформации в горном массиве довольно часто реализуются именно в этих направлениях, удовлетворяя требованиям теории прочности Ш. Кулона–А. Навье–О. Мора, согласно которой образование сколовых разрывов зачастую происходит под углом, не равным 45° к направлению действия осей нормальных напряжений. В качестве примера, где этот фактор был учтен, можно привести результаты тектонофизической интерпретации (на основе статистически представительных данных) механизмов очагов землетрясений системы Загрос [11, 12].

Во втором случае речь идет об относительно немногочисленных, но существенных изменениях условий сейсмогенного разрывообразования таким образом, что в аналогичной кинематической обстановке происходит значительное усложнение деформационного режима (в виде проявлений «комбинаторных» — сдвига-сбросового, взбросо- и сбросо-сдвигового типов). Это усложнение обусловлено разворотом тензора напряжений, который можно рассматривать как результат локальной *трансформации* (от лат. *transformatio* — «преобразование», «превращение») первичного поля напряжений, а само поле напряжений считать *трансформированным*.

Количественное преобладание очагов, сформированных под воздействием первичных полей напряжений, характерно не только для Крымско-Черноморского региона, а и для всего Средиземноморского складчатого пояса (рис. 3). В пределах его обширного сегмента, охватывающего территории от Атлантического океана до Каспийского моря и от Северной Африки до Центральной Европы включительно (в рамках географических координат: $\lambda=20^\circ\div 60^\circ E$, $\varphi = 20^\circ\div 50^\circ N$), локализовано 1886 землетрясений, произошедших в период с 1976 г. по 2020 г., для которых, по данным Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра (EMSC), были получены решения механизмов очагов [17]. Результаты их дифференциации по деформационным режимам показали, что 80% очагов образовалось под воздействием первичных полей напряжений, отвечая сбросовому (559 очагов или 29%), сдвиговому (490 очагов, 26%) и взбросовому (464 очага, 25%) типам (рис. 3). И только 20% очагов удовлетворяют трансформированным полям напряжений, будучи сформированными в условиях иных режимов — сбросо-сдвигового (146 очагов или 8%), взбросо-сдвигового (115 очагов, 6%), сдвига-сбросового и сдвига-взбросового (102 очагов, 5%) и октаэдрического (12 очагов, 1%). Эти особенности проявления разных

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

деформационных режимов сейсмогенного разрывообразования predeterminedены общим характером развития нашей планеты — горизонтальными перемещениями литосферных плит, сочленяющихся по системам конвергентных и дивергентных границ, к которым приурочены основные сейсмогенные пояса Земли.

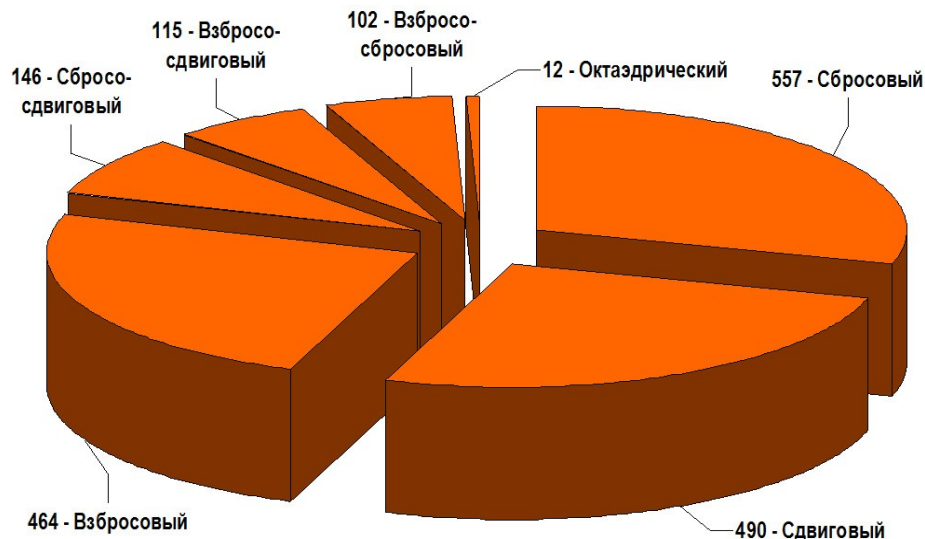


Рис. 3. Распределение фокальных механизмов очагов землетрясений Средиземноморского пояса по типам деформационных режимов сейсмогенного разрывообразования (составлено по данным EMSC [17]).

В этой связи следует отметить, что в указанных пределах Средиземноморского пояса, формирование которого в течение длительного времени было обусловлено коллизионным взаимодействием литосферных плит, процессы современного сейсмогенного разрывообразования отражают доминирующее влияние первичных систем напряжений не взбросового (наиболее характерного для коллизионных процессов), а сбросового и сдвигового типов.

Поскольку каталог решений механизмов очагов для Крымско-Черноморского региона статистически менее представительен, чем соответствующие выборки по вышеупомянутым сегментам Средиземноморского пояса [6, 11, 12], методология построения моделей сейсмогенеза в данном случае имеет существенные ограничения. Тем не менее, при сопоставлении однотипных (по кинематическим обстановкам и деформационным режимам) фокальных механизмов Крымско-Черноморского региона также выявляются определенное сходство между ними и относительная близость значений их основных параметров. Результаты обобщения и усреднения последних позволяют построить некое подобие стереографических моделей для каждого типа сейсмогенеза (по аналогии с Загросом, Вранча и Кавказом), которые, ввиду их недостаточной статистической обеспеченности, можно обозначить как «субмодели» или «квазимодели» [1]. Очевидно, что возможности

статистической оценки параметров этих построений весьма ограничены: для большинства из них основным показателем является размах вариации (угловая разница максимального и минимального значений) и/или отклонение от среднего. Следует также учитывать, что магнитуды анализируемых землетрясений за редкими исключениями (например, землетрясения 11.09.1927 г., $M_w=6.9$, 12.07.1966 г. и 03.09.1978 г. с $M_w=5.8$ в табл. 1) являются относительно невысокими. Соответственно, в самих решениях их механизмов могут содержаться погрешности, увеличивающие дисперсию основных параметров полученных квазимоделей.

Многообразие проявлений сейсмогенеза Крымско-Черноморского региона позволило выполнить детальный анализ полей напряжений для каждой кинематической обстановки в следующей последовательности:

- дифференциация фокальных механизмов с целью выделения совокупностей с близкими значениями основных параметров, отвечающих первичным и трансформированным полям напряжений;

- параметризация структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений, обусловленных флуктуациями первичного поля в рамках каждой кинематической обстановки, и построение квазимоделей сейсмогенеза; в случае, когда первичному полю напряжений отвечают фокальные механизмы одного парагенезиса, последний рассматривается в качестве квази модели данной обстановки;

- анализ проявлений вторичных полей напряжений, обусловленных трансформациями первичного поля;

- выявление особенностей трансформаций полей напряжений, универсальных для всех кинематических обстановок.

Системный (как будет показано ниже) характер полученных результатов, во-первых, свидетельствует о корректности применяемого (за неимением других возможностей) подхода, во-вторых, существенно расширяет представления об особенностях проявления полей напряжений, обусловивших процессы сейсмогенеза в регионе, и, в-третьих, позволяет внести коррективы в представления о современной геодинамике Крымско-Черноморского сегмента Средиземноморского пояса.

3. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК СЖАТИЯ

Обстановки субмеридионального сжатия идентифицированы в 13-и очагах взбросового типа. По сходству значений их основных параметров они сгруппированы в три структурно-кинематических парагенезиса K1(1), K1(2) и K1(3), которые отражают флуктуации первичного поля напряжений. Параметры парагенезисов и квазимоделей приведены в табл. 4; здесь же указаны номера и типы деформационных режимов (по табл. 1) фокальных механизмов, включенных в состав того или иного парагенезиса и в квази модель данной кинематической обстановки.

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Таблица 4.

Результаты аппроксимации (квазимодели, структурно-кинематические парагенезисы) параметров однотипных фокальных механизмов для разных кинематических обстановок

Статус выборки	Ориентировки (азимут/угол) осей главных напряжений			Элементы залегания (азимут/угол падения) и структурно-кинематический тип нодальных плоскостей	
	деформационный режим				
	Номера, типы очагов в составе квазимodelей и парагенезисов				
	<i>P</i>	<i>N</i>	<i>T</i>	<i>NP1</i>	<i>NP2</i>
1	2	3	4	5	6
Кинематические обстановки сжатия					
Обстановки субмеридионального сжатия					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-1	184/04	271/01	2/85	182/48	0/42
	взбросовый			взброс	надвиг
	№№ 13-15, 19, 21, 29, 30, 33, 35, 44, 45, 47, 52 – взбросового типа				
К1(1)	15/05	283/14	118/74	210/42	0/51
	взбросовый			левый сдвиго- надвиг	правый сдвиго- взброс
	№№ 19, 21, 29, 33, 45, 47 – взбросового типа				
К1(2)	181/10	85/15	302/70	166/59	20/37
	взбросовый			левый сдвиго- взброс	правый сдвиго-надвиг
	№№ 13, 14, 30, 52 – взбросового типа				
К1(3)	159/09	68/04	310/80	диагональные и субширотные сдвиго-взбросы, взбросы и надвиги	
	взбросовый				
	№№ 15, 35, 44 – взбросового типа				
Обстановки субширотного сжатия					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-2	91/06	02/02	237/84	271/40	88/40
	взбросовый			надвиг	взброс
	№№ 25, 31, 32, 38, 39 – взбросового типа				
К2(1)	79/04	349/13	182/76	274/43	68/50
	взбросовый			правый сдвиго- надвиг	левый сдвиго- взброс
	№№ 25, 31, 32 – взбросового типа				
К2(2)	108/08	200/15	350/72	122/56	271/39
	взбросовый			правый сдвиго- взброс	левый сдвиго- надвиг
	№№ 38, 39 – взбросового типа				

Продолжение таблицы 4.

1	2	3	4	5	6
Обстановки юго-восточного–северо-западного сжатия					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-3 = К3(1)	320/01	228/08	58/80	146/44	302/48
	взбросовый			надвиг	взброс
№№ 2, 7*, 9, 46 – взбросового типа					
<i>Вторичные (трансформированные) поля напряжений</i>					
К3(2)	305/10	46/44	204/43	339/70	85/51
	взбросо-сдвиговый			правый взбросо-сдвиг	левый взбросо- сдвиг
№№ 3, 22, 26 – взбросо-сдвигового типа					
К3(3)	126/10	225/43	26/45	158/68	268/50
	взбросо-сдвиговый			правый взбросо-сдвиг	левый взбросо- сдвиг
№№ 12, 23 – взбросо-сдвигового типа					
Обстановки юго-западного–северо-восточного сжатия					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-4 = К4(1)	233/11	139/13	358/71	220/60	70/35
	взбросовый			левый сдвиго- взброс	правый сдвиго- надвиг
№№ 10, 49 – взбросового типа					
<i>Вторичные (трансформированные) поля напряжений</i>					
К4(2)	61/16	173/52	320/34	97/79	195/54
	взбросо-сдвиговый			правый взбросо-сдвиг	левый сдвиг
№ 20 – взбросо-сдвигового типа					
Кинематические обстановки растяжения					
Обстановки меридионального растяжения					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-5 = К5(1)	152/79	266/02	356/08	354/54	180/36
	сбросовый			сброс	сброс
№№ 24, 27, 28, 51 – сбросового типа					
<i>Вторичные (трансформированные) поля напряжений</i>					
№№ 36, 48 – сбросо-сдвигового типа					
Обстановки субширотного растяжения					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-6	162/84	342/06	252/00	257/45	66/45
	сбросовый			сброс	сброс
№ 42 – сбросового типа					

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Продолжение таблицы 4.					
1	2	3	4	5	6
Обстановки юго-восточного–северо-западного растяжения					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-7= К7(1)	335/74	207/11	114/13	124/58	279/32
	сбросовый			сброс	правый сдвиго-сброс
	№№ 1, 37, 40 – сбросового типа				
<i>Вторичные (трансформированные) поля напряжений</i>					
№ 43 – сбросо-сдвигового типа; № 6*, 8* – сдвиго-сбросового типа					
Обстановки юго-западного–северо-восточного растяжения					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-8= К8(1)	75/72	313/10	220/15	207/59	48/30
	сбросовый			сброс	правый сдвиго-сброс
	№№ 16, 34, 50 – сбросового типа				
<i>Вторичные (трансформированные) поля напряжений</i>					
К8(2)	42/49	300/11	201/39	212/86	330/14
	сдвиго-сбросовый			сброс	правый сбросо-сдвиг
	№5, 18 – сдвиго-сбросового типа				
№17 – сдвиго-сбросового типа					
Кинематические обстановки меридионального растяжения–субширотного сжатия					
Обстановки субмеридионального растяжения–субширотного сжатия					
<i>Первичные (нетрансформированные) поля напряжений</i>					
К-9	79/12	285/77	170/05	214/86	304/78
	сдвиговый			левый сдвиг	правый сдвиг
	№№ 4, 11, 41 — сдвигового типа				

Примечание: в столбцах значений осей главных напряжений жирным выделены ориентировки осей *P* и *T*, предопределивших тип кинематической обстановки (сжатия или растяжения).

Стереогаммы парагенезисов К1(1) и К1(2), аппроксимирующие значения параметров соответственно 6-ти (№№ 19, 21, 29, 33, 45, 47) и 4-х (№№ 13, 14, 30, 52) решений механизмов очагов, отражают некоторый разворот тензора напряжений, главным образом, вокруг оси сжатия *P* (рис. 4 *a*, *б*). Оба парагенезиса относятся к взбросовому типу; их нодальные плоскости имеют субширотное простирание и идентифицируются как сдвиго-надвиг и сдвиго-взброс (надвиг и взброс с некоторой сдвиговой составляющей).

Вполне очевидно различие в пространственном распределении очагов данных парагенезисов (рис. 5). Все землетрясения, отнесенные к К1(1), локализованы на восточном фланге Крымско-Черноморского региона – в пределах зоны северо-восточного простирания, трассируемой линией Синоп-Анапа. Напротив, очаги

парагенезиса К1(2) приурочены к разным геоструктурам и расположены, в основном, к западу от Крыма – вдоль $\lambda=31\div 32^{\circ}E$, а одно из этих событий (№52) произошло в Азовском море к северу от Таманского полуострова.

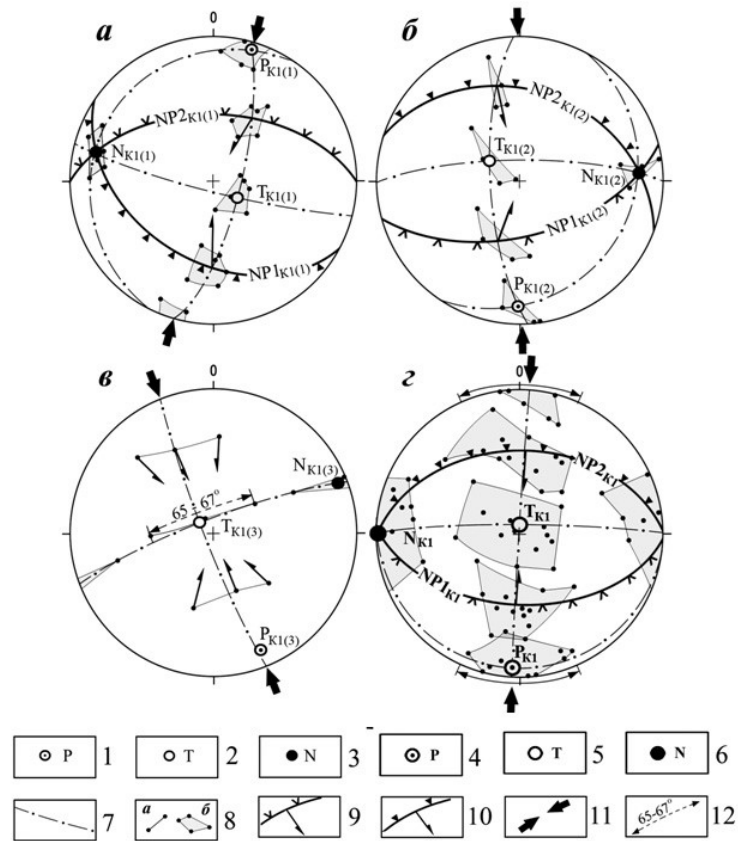


Рис. 4. Парагенезисы К1(1)–К1(3) (а-в) и квазимодель К-1 (з) взбросового типа, обусловленные обстановками субмеридионального сжатия. Условные обозначения: 1–3 — проекции осей главных напряжений для парагенезисов разрывов и смещений (1 — максимального сжатия, 2 — минимального сжатия, 3 — промежуточной); 4–6 — то же самое, для квазимоделей; 7 — проекции плоскостей размещения осей напряжений; 8 — разброс значений одноименных параметров в парагенезисах и квазимоделях, аппроксимирующих данные 2-х (а) и более (б) фокальных механизмов; 9–10 — проекции нодальных плоскостей и их структурно-кинематическая характеристика (9 – взбросы, сдвиго-взбросы, 10 — надвиги), бергштрихи – со стороны падения нодальной плоскости, стрелки — направления перемещения висячего крыла; 11 — направления сжатия; 12 — угловая величина разворота тензора напряжений. Подстрочные индексы — наименование осей напряжений квазимодели и парагенезисов

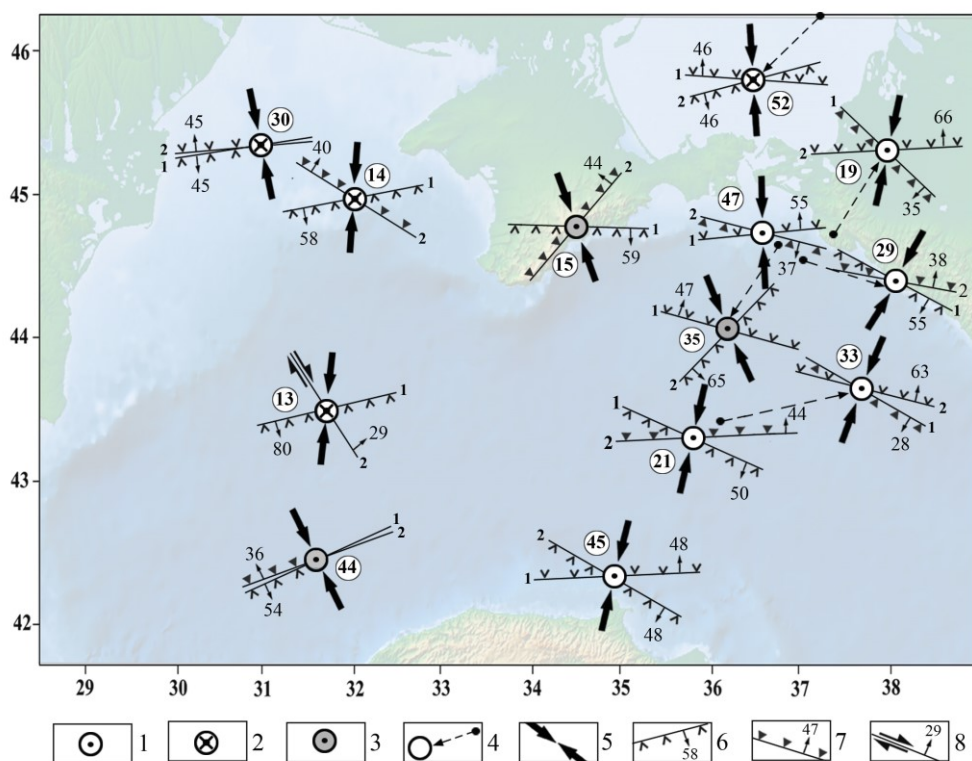


Рис. 5. Расположение очагов землетрясений, обусловленных обстановками субмеридионального сжатия. Условные обозначения: 1 — очаги в составе структурно-кинематического парагенезиса К1(1); 2 — то же самое, для К1(2); 3 — то же самое, для К1(3); 4 — очаги, снесенные по стрелке от их местоположения; 5 — направления сжатия; 6–8 — проекции нодальных плоскостей на горизонтальную поверхность, их номера, углы падения и структурно-кинематические характеристики (6 — взбросы и сдвиго-взбросы, 7 — надвиги, 8 — сдвиги и взбросо-сдвиги, стрелки указывают направление перемещения вдоль них).

Примечание: цифры в кружках — номера очагов в табл. 1; бергштрихи — со стороны падения плоскости.

Основанием для объединения 3-х оставшихся очагов (№№ 15, 35, 44) в парагенезис К1(3) послужило полное совпадение (до первых градусов) ориентировок их осей P , азимуты простирания которых составляют $156\text{--}161^\circ$ при углах падения $8\text{--}10^\circ$. Одиночные очаги этого типа рассредоточены по всему региону (рис. 5): они локализованы в пределах Туапсинско-Анапской и Южнобережной зон, а также на юго-западном продолжении последней — в Западно-Черноморской впадине. Совмещенные на стереограмме параметры их фокальных механизмов являются типичным отражением систем одноосного сжатия [18]. Однако, поскольку стереограмма характеризует не одноактный процесс, а одновременные события, эту

картину следует интерпретировать как следствие локальных флуктуаций регионального поля напряжений, выраженных вращением тензора вокруг оси P (рис. 4 *б*).

Сопоставление результатов построений, приведенных на рисунках 4 *а-в*, указывает на вариативный характер обстановок субмеридионального сжатия, который проявляется в существенном разбросе значений всех параметров, в том числе, и в отклонениях осей сжатия P от меридионального направления в обе стороны. Учитывая, что очаг с максимальной для данного типа обстановок магнитудой (№30, $M_w=4.8$) включен в состав К1(2), данный парагенезис можно было бы рассматривать в качестве «эталона» взбросового режима, аппроксимирующего кинематические обстановки субмеридионального сжатия в регионе.

Но более предпочтительным, отражающим особенности субмеридионального сжатия, является вариант, учитывающий параметры всех 13-ти очагов, сформировавшихся в данной обстановке. Он представлен на рисунке 4 *г* в виде квазимодели **К-1**. В ее основу заложены средние значения ориентировок осей P и N всех фокальных механизмов, а положение субвертикальной оси T определено стереографическими построениями как равноудаленное от них на 90° , чем обеспечивается взаимоперпендикулярность осей тензора напряжений. Несмотря на высокий уровень дисперсии параметров, на стереограмме отчетливо обособлены квадранты максимального и минимального сжатия, а также практически не перекрывающиеся области локализации главных осей и проекций векторов смещений. Подобный прием параметризации тензора напряжений применяется при тектонофизическом анализе разрывов и смещений, характеризующихся большим разбросом значений их параметров [14, 18, 19 и др.]. Следует добавить, что полученная квазимодель практически идентична фокальному механизму №30 с максимальной для землетрясений субмеридионального сжатия магнитудой ($M_w=4.8$).

В геодинамическом отношении интересен факт, что из 13-ти землетрясений, сформированных в условиях субмеридионального сжатия, только одно (№15) расположено на материковой части Крыма, в зоне динамического влияния Молбайского и Южнобережного разломов. При этом по совокупности данных в качестве предполагаемого разрыва в этом очаге рассматривается падающая на юг плоскость $NP1$ субширотного простирания [20]. Остальные же землетрясения с фокальными механизмами данного типа расположены либо намного западнее (между меридианами $\lambda=31\div 32^\circ E$), либо на значительном удалении к востоку от Крыма. То есть, признаков современного поддвига Восточно-Черноморской плиты под Крымский полуостров в очаговых параметрах землетрясений, обусловленных обстановками субмеридионального сжатия, не установлено.

Обстановки субширотного сжатия также имели место в пределах региона, хотя и проявились они слабее, чем предыдущие: идентифицировано 5 очагов взбросового типа, отвечающих данной ситуации. Они сгруппированы в два структурно-кинематических парагенезиса (рис. 6 *а, б*), первый из которых – К2(1) – аппроксимирует решения механизмов трех очагов (№№ 25, 31, 32), второй – К2(2) – двух (№№ 38, 39 в табл. 4). Значения параметров фокальных механизмов в каждом

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

их них близки между собой: в первом случае максимальные отклонения от среднего не превышают 8-9°; во втором — параметры практически совпадают, отличаясь не более чем на 1°. Нодальные плоскости обоих парагенезисов в структурно-кинематическом отношении представлены надвигом и взбросом субмеридионального простирания с незначительной сдвиговой составляющей.

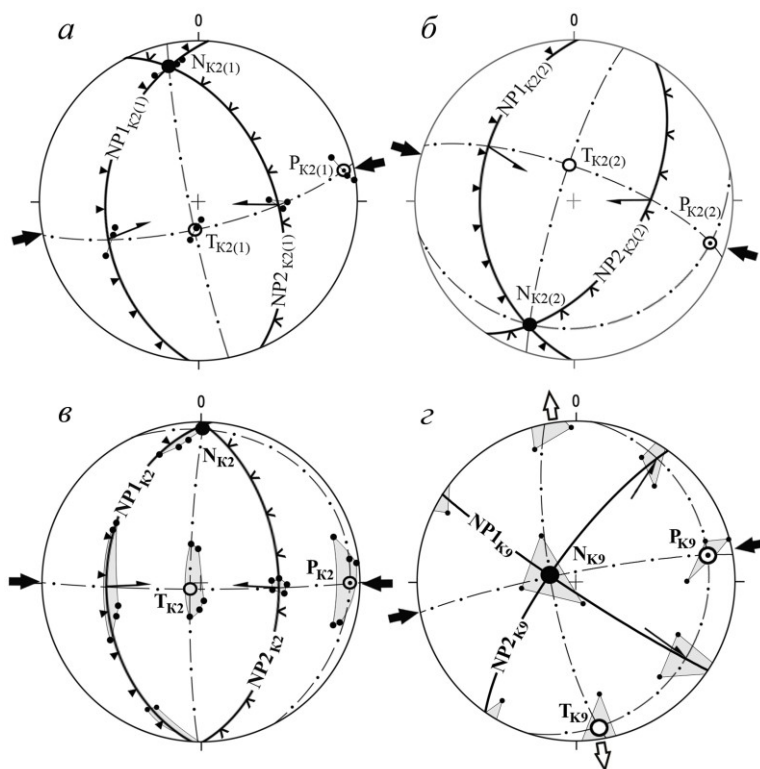


Рис. 6. Результаты аппроксимации обстановок субширотного сжатия (а-в) и субширотного сжатия–субмеридионального растяжения (г): а, б — структурно-кинематические парагенезисы К2(1) и К2(2) взбросового типа; в — квазимодель К-2 взбросового типа; г — квазимодель К-9 сдвигового типа. Условные обозначения — см. на рис. 4.

Очаги парагенезиса К2(1) являются среднекоревыми (глубина $h=20-30$ км) и характеризуются более высоким энергетическим уровнем ($M_w=3.7-4.7$). Они рассредоточены по всему региону (рис. 7): один из них приурочен к Южнобережной сейсмогенной зоне, второй локализован на северном фланге вала Андрусова, третий — в пределах северо-западного шельфа Черного моря, в области сочленения Восточно-Европейской платформы и крымского сегмента Скифской плиты.

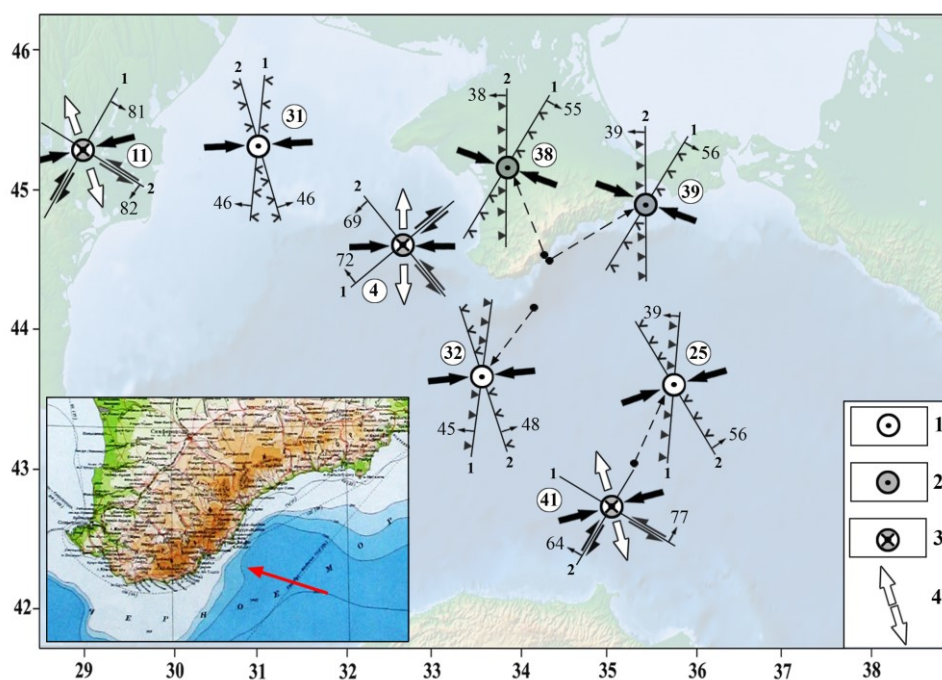


Рис. 7. Схема расположения очагов землетрясений взбросового типа, обусловленных обстановками субширотного сжатия, и сдвигового типа, возникновение которых равновероятно в обстановках субширотного сжатия и субмеридионального растяжения. Условные обозначения: 1 — взбросовые очаги в составе парагенезиса К2(1); 2 — то же самое, для К2(2); 3 — очаги сдвигового типа; 4 — направления растяжения. На врезке — локальный изгиб континентального склона (показан стрелкой). Остальные обозначения — см. на рис. 5.

Землетрясения, фокальные механизмы которых составляют парагенезис К2(2), являются приповерхностными и в энергетическом отношении уступают первым: при глубине 7 и 17 км их магнитуды варьируют в интервале $M_w=3.5-3.7$. Они компактно расположены в пределах Южнобережной сейсмогенной зоны и приурочены к локальному изгибу континентального склона, который на этом отрезке меняет простирание с северо-восточного на меридиональное или северо-западное (врезка на рис. 7). Это дает основание полагать, что фокальные механизмы парагенезиса К2(2), наряду с очагом №32 в составе К2(1), отражают процессы периодического надвигания юго-западной части Горного Крыма на центральный и восточный его сегменты по системе субмеридиональных нарушений, элементы залегания которых согласуются с параметрами нодальных плоскостей, имеющих наклон в западных румбах. На реалистичность подобного сценария указывает разница абсолютных отметок вершинных поверхностей Главной гряды Крымских гор, достигающих максимальных значений (до 1500 м и более) в пределах Бауган-яйлы и Никитской яйлы (к западу от изгиба континентального склона), против 1250 м — в расположенных восточнее

массивах Демерджи и Караби-яйла.

Квазимодель **К-2**, полученная путем осреднения параметров фокальных механизмов данного типа, представлена меридионально ориентированными нодальными плоскостями, идентифицируемыми как надвиг (*NP1*) и взброс (*NP2*) (рис. 6 в, табл. 4).

Наличие очагов взбросового типа, сформированных в условиях субширотного сжатия, является весьма значимым геодинамическим фактором еще и в том отношении, что во многих тектонических и геодинамических моделях Крымско-Черноморского региона постулируется структурообразующая роль только субмеридионального или диагонального, в основном, юго-восточного сжатия [21, 22 и др.]. Однако квазимодель **К-2** и аппроксимируемые ею фокальные механизмы взбросового типа однозначно указывают на периодическое влияние обстановок субширотного сжатия на геодинамические процессы в регионе, в том числе — и на особенности сейсмогенного разрывообразования.

Следует добавить, что в обстановках субширотного сжатия могли формироваться и очаги сдвигового типа с широтно ориентированной осью *P* (рис. 6 з). Однако их возникновение равновероятно как при субширотном сжатии, так и в условиях субмеридионального растяжения. Поэтому характеристики сдвиговых очагов и образуемых ими структурно-кинематических парагенезисов, а также их роль в современной геодинамике региона рассматриваются ниже отдельно.

Отметим еще одно значимое обстоятельство: в обеих ортогонально ориентированных системах (субмеридионального и субширотного сжатия) все очаги формировались исключительно под воздействием *первичных* полей напряжений, характеризуясь взбросовым деформационным режимом (табл. 4). Фокальные механизмы, свидетельствующие о существенных трансформациях первичного поля с усложнением деформационного режима сейсмогенеза, в регионе не идентифицированы. В то же время, как будет показано ниже, в обстановках, обусловленных воздействием диагонально ориентированных систем напряжений, трансформации первичного поля имели место, реализуясь в очагах взбросо-сдвигового типа, подчас не уступающих в количественном отношении взбросовым.

Обстановки юго-восточного–северо-западного сжатия идентифицированы в 9-ти фокальных механизмах регионального каталога, четыре из которых (включая композитный механизм №7*, полученный путем усреднения параметров нескольких слабых землетрясений Южнобережной зоны) относятся к взбросовому типу, а пять характеризуются взбросо-сдвиговым режимом (табл. 1, 4). Данная выборка является относительно «энергонасыщенной», поскольку значения магнитуд включенных в ее состав очагов не ниже $M_w=4$, а три из них даже имеют $M_w>5$. Исключение составляет композитный механизм №7*, аппроксимирующий параметры слабых (с $M_w\leq 2.5$) землетрясений.

По результатам сопоставления фокальных механизмов, характеризуемых разными деформационными режимами, все очаги сгруппированы в три структурно-кинематических парагенезиса (один взбросовый, два взбросо-сдвиговых), которые отражают сложные соотношения проявлений первичного и трансформированных полей напряжений (табл. 4, рис. 8).

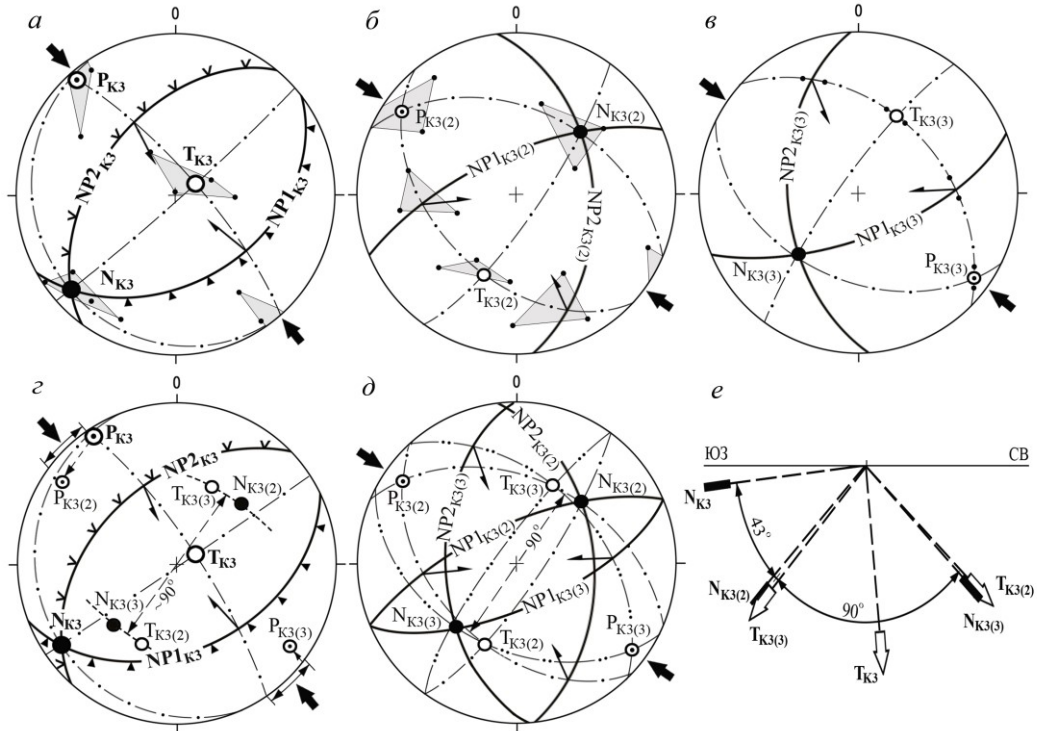


Рис. 8. Проявления сейсмогенеза в обстановках юго-восточного–северо-западного сжатия: *a* — парагенезис КЗ(1) взбросового типа, принятый в качестве квазимодели **К-3**; *б, в* — парагенезисы КЗ(2) и КЗ(3) взбросо-сдвигового типа, обусловленные трансформированными полями напряжений; *г* — соотношение параметров квазимодели **К-3** и парагенезисов КЗ(2), КЗ(3); *д, е* — соотношение параметров КЗ(2) и КЗ(3) на стереограмме (*д*) и на разрезе (*е*), ориентированном перпендикулярно направлению сжатия (пунктиром и стрелками показаны проекции осей на линию разреза). Условные обозначения — см. на рис. 4.

Основу парагенезиса КЗ(1) составляют 4 фокальных механизма взбросового типа (№№ 2, 7*, 9, 46). Учитывая высокие уровни магнитуд 2-х из этих землетрясений (№2 с $M_w=5.8$ и №46 с $M_w=5.1$, расхождение значений очаговых параметров которых не превышает 10°), можно полагать, что данный парагенезис вполне адекватно отражает особенности сейсмогенеза в условиях данной кинематической обстановки. Параметры 2-х остальных, наиболее слабых в энергетическом отношении взбросовых очагов (№9 с $M_w=4.2$ и №7* с $M_w \leq 2.5$) в составе данного парагенезиса, либо отражают более существенные флуктуации первичного поля, либо являются следствием значительных допусков в решениях их фокальных механизмов.

Поскольку остальные пять очагов, обусловленных юго-восточным–северо-западным сжатием, характеризуются взбросо-сдвиговым режимом, указывая на существенную степень трансформации поля напряжений, параметры парагенезиса КЗ(1) приняты в качестве квазимодели **К-3** первичного поля. Она представлена

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

нодальными плоскостями северо-восточного простирания с углами падения $(46 \pm 2)^\circ$ и тензором напряжений, две оси которого (P и N) горизонтальны и ориентированы, соответственно, в северо-западном и юго-западном направлениях, а ось минимального сжатия T является практически вертикальной (рис. 8 *а*, табл. 4).

Очаги взбросо-сдвигового типа, сформировавшиеся в обстановках юго-восточного–северо-западного сжатия, по особенностям распределения значений основных параметров их фокальных механизмов группируются в два парагенезиса:

- КЗ(2), включающий очаги №№3, 22, 26 (рис. 8 *б*) с магнитудами M_w от 4.5 до 5.6;

- КЗ(3), которому отвечают фокальные механизмы очагов №№12, 23 (рис. 8 *в*) с магнитудами $M_w=4.3$ и $M_w=4.0$, соответственно.

Сравнение этих парагенезисов путем вынесения их на одну стереограмму показывает, что они являются симметричными антиподами, развернутыми вокруг направления действия оси P относительно друг друга на $\approx 90^\circ$ таким образом, что оси T и N в тензорах вторичных полей практически поменялись местами (рис. 8 *г*, *д*). Весьма наглядно это иллюстрирует разрез, ориентированный перпендикулярно к оси P (рис. 8 *е*): здесь проекция оси минимального сжатия T одного парагенезиса с точностью до 2° совпадает с проекцией промежуточной оси N другого и наоборот. При этом ось T взбросового парагенезиса КЗ(1), который принят в качестве квазимодели первичного поля **К-3**, располагается примерно посередине между осями T и N парагенезисов КЗ(2) и КЗ(3), обусловленных трансформированными полями напряжений.

Землетрясения, возникшие в обстановках юго-восточного–северо-западного сжатия, локализованы в разных сегментах региона: от Кавказского побережья (в районе Туапсинской впадины) до глубоководной Западно-Черноморской впадины (рис. 9).

При этом в пределах Южнобережной сейсмогенной зоны установлены очаги всех трех парагенезисов. Последнее обстоятельство значимо в геодинамическом отношении. Несмотря на то, что направление сжатия в данном случае способствует формированию поддвига Восточно-Черноморской плиты под Крымский полуостров, прямые признаки такового в проявлениях сейсмогенеза отсутствуют, поскольку, например, форшоки и афтершоки землетрясения №22 образуют компактную, отчетливо трассируемую полосу, погружающуюся в южных румбах — в сторону моря. Но если в качестве сейсмогенных разрывов в очаге №22, равно как и в расположенных неподалеку очагах №12 и 23, реализовались плоскости $NP2$, то особенности современной геодинамики можно объяснить активизацией субмеридиональных взбросо-сдвигов. В этом случае допустимо сопоставление параметров субмеридионально ориентированных разрывов в парагенезисах, сформированных в обстановках субширотного и юго-восточного–северо-западного сжатия. Оно отражает разные типы современной активизации зон меридиональных тектонических нарушений, формирующих морфологические особенности континентального склона. В обстановках субширотного сжатия они проявляются как надвиги и взбросы, по которым происходит надвигание юго-западной части Горного Крыма на центральный и восточный его сегменты (очаги №№ 32, 38 и 39 в составе квазимодели **К-2** — рис. 6).

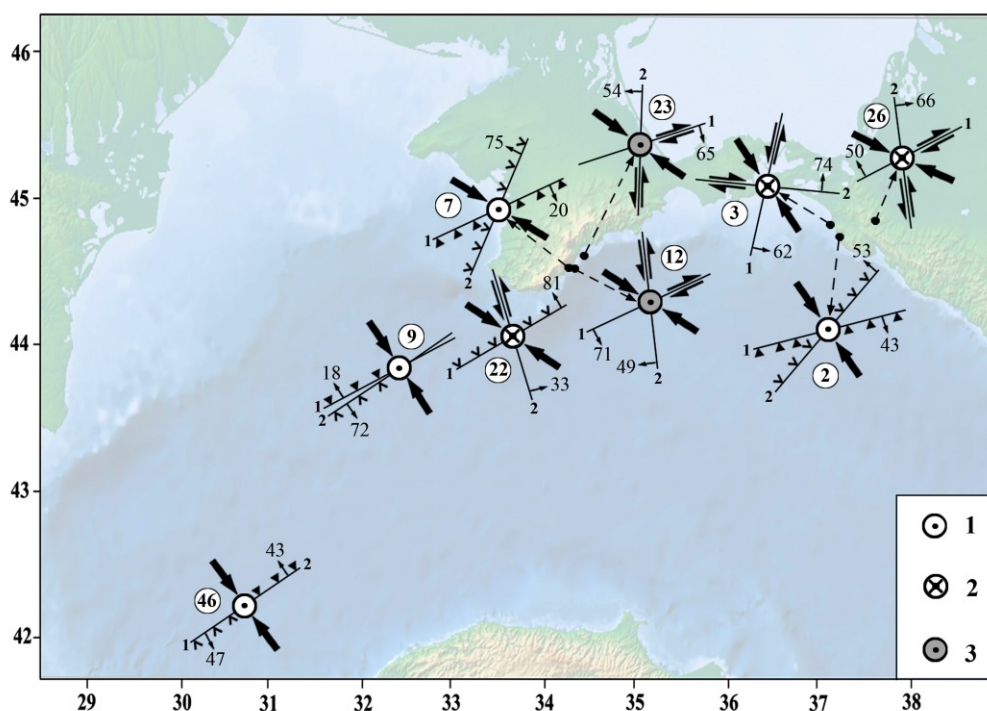


Рис. 9. Схема расположения очагов землетрясений, обусловленных обстановками юго-восточного–северо-западного сжатия. Условные обозначения: 1 — взбросовые очаги в составе парагенезиса КЗ(1); 2, 3 — то же самое, для КЗ(2) и КЗ(3) взбросо-сдвигового типа. Остальные обозначения — см. на рис. 5.

В условиях юго-восточного–северо-западного сжатия субмеридиональные системы разрывов активизируются в виде наклонных взбросо-сдвигов, вдоль которых осуществляется смещение восточной части Горного Крыма относительно западной по левому сдвигу с некоторой взбросовой составляющей (рис. 8 б, в). В пользу такого геодинамического сценария свидетельствует компактное расположение вышеперечисленных очагов в пределах Южнобережной зоны и приуроченность их к локальному изгибу континентального склона, который на этом отрезке резко меняет направление с северо-восточного на меридиональное (врезка на рис. 7, рис. 9).

Обстановки юго-западного–северо-восточного сжатия в регионе проявились относительно слабо. Они идентифицированы только в 3-х очагах, сформированных в условиях взбросового (№10, 49 в табл. 1) и взбросо-сдвигового (№20) деформационных режимов. В данной обстановке было реализовано одно из 2-х землетрясений с магнитудой $M_w=5.8$ (№10), максимальной для сейсмогенеза регионального сжатия. Взбросовые очаги локализованы в Туапсинской впадине у берегов Кавказа, взбросо-сдвиговый — в центре Южнобережной сейсмогенной зоны (рис.10).

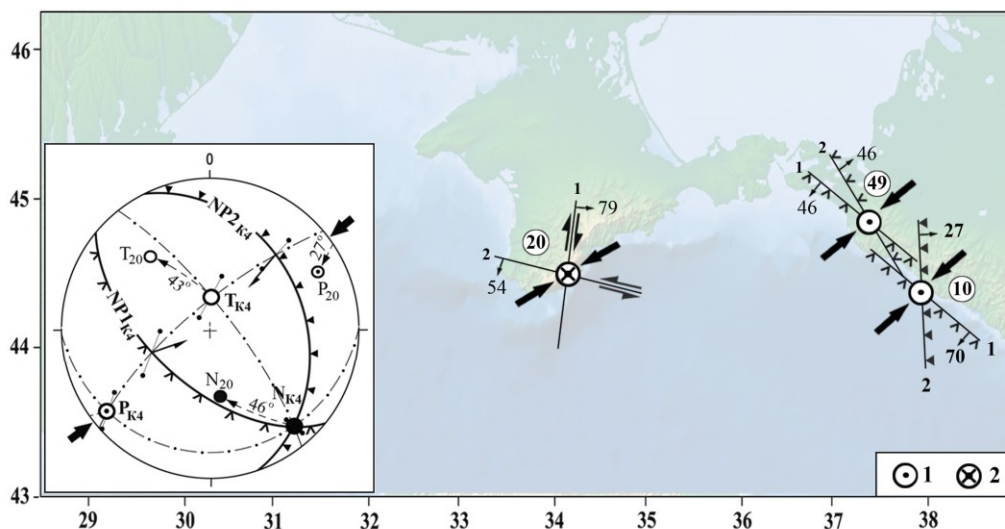


Рис. 10. Схема расположения очагов, сформировавшихся в обстановке юго-западного–северо-восточного сжатия; на врезке — квазимодель сейсмогенеза **К-4** (элементы с индексами К4) и положение осей главных напряжений для фокального механизма №20 (с индексами 20). *Условные обозначения:* 1 — очаги в составе квазимодели **К-4**, сформировавшиеся в первичном поле напряжений; 2 — очаг №20 взбросо-сдвигового типа, отражающего трансформацию первичного поля. Остальные обозначения — см. на рис. 4, 5.

Очаги взбросового типа, имеющие близкие значения основных параметров фокальных механизмов и с ориентировкой осей сжатия P в направлении $(233 \pm 4)^\circ$, отнесены к одному парагенезису, который характеризует параметры тензора напряжений основного (взбросового, нетрансформированного) поля для данной обстановки, будучи принятым в качестве квазимодели **К-4** (врезка на рис. 10). В контексте вышесказанного, параметры фокального механизма очага землетрясения №20 (более низкого энергетического уровня, $M_w=3.2$), произошедшего в пределах материковой части Крыма, отражают локальную трансформацию взбросового режима во взбросо-сдвиговый путем разворота тензора напряжений вокруг оси P на угол $\approx 45^\circ$.

4. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК РАСТЯЖЕНИЯ

Кинематические обстановки растяжения идентифицированы в 19-ти очагах землетрясений, рассредоточенных практически в пределах всего региона. Решения механизмов 11-ти из них относятся к сбросовому типу, 3-х — к сбросо-сдвиговому. Остальные пять очагов характеризуются сдвиго-сбросовым деформационным режимом, отражающим обстановки растяжения, поскольку их нодальные плоскости в структурно-кинематическом отношении являются сбросами и сдвиго-сбросами.

Обстановки субмеридионального растяжения в Крымско-Черноморском регионе представлены 6-ю очагами, четыре из которых (№№24, 27, 28 и 51) характеризуются сбросовым деформационным режимом, и два (№№36, 48) — сбросо-сдвиговым (табл. 1, 4). В энергетическом отношении это относительно слабые землетрясения с $M_w=3.4-4.4$, два из которых локализованы в пределах Южнобережной зоны, четыре (в том числе, оба очага сбросо-сдвигового типа) — в Туапсинской впадине (рис. 11).

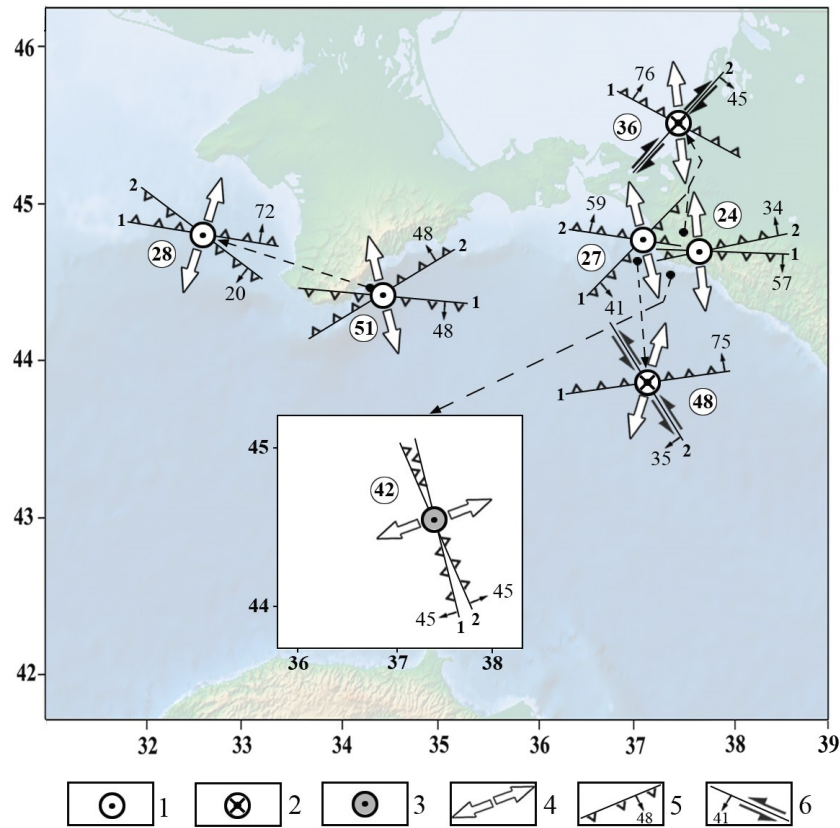


Рис. 11. Схема расположения очагов, обусловленных обстановками субмеридионального и субширотного (на врезке) растяжения. Условные обозначения: 1 — очаги сбросового типа в составе парагенезиса К5(1), принятого в качестве квазимодели К-5 субмеридионального растяжения; 2 — очаги сбросо-сдвигового типа в составе парагенезиса К5(2) субмеридионального растяжения; 3 — очаг субширотного растяжения (на врезке); 4 — направления растяжения; 5, 6 — проекции нодальных плоскостей на горизонтальную поверхность, их номера, углы падения и структурно-кинематические характеристики (5 — сбросы, 6 — сдвиги, сбросо-сдвиги и направления перемещения вдоль них); бергштрихи — со стороны падения плоскости.

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Ориентировки осей тензора напряжений, обусловившего субмеридиональное растяжение, аппроксимированы структурно-кинематическим парагенезисом К5(1), который получен путем усреднения значений параметров всех фокальных механизмов сбросового типа (рис. 12 а). Поскольку оси T и N в нем имеют незначительные углы наклона (соответственно 8° и 2°), а нодальные плоскости падают практически строго на север и на юг, парагенезис отвечает «идеальному» сбросовому деформационному режиму и позволяет его рассматривать в качестве основы квазимодели **К-5** (табл. 4) для данной кинематической обстановки в целом.

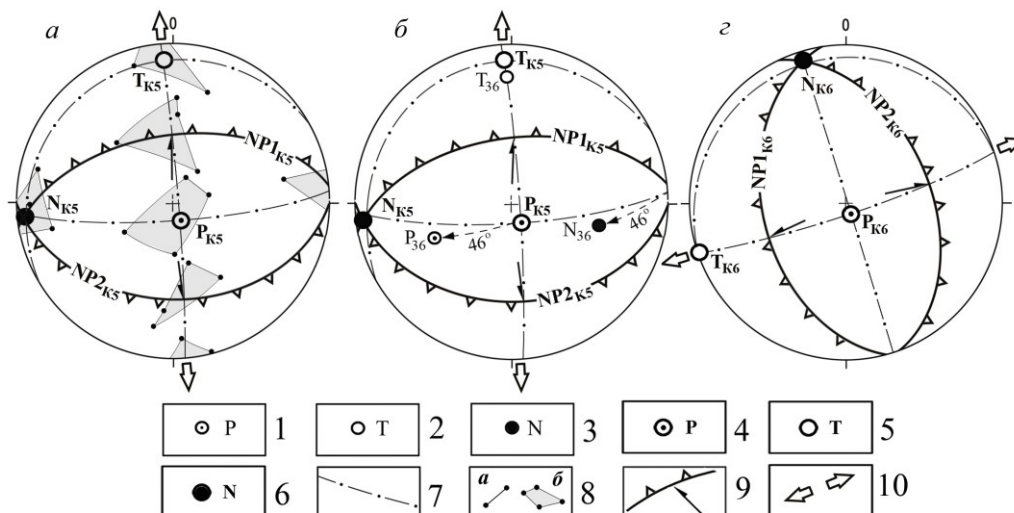


Рис. 12. Квазимодели сейсмогенеза субмеридионального и субширотного растяжения: *а* – парагенезис К5(1) сбросового типа, принятый в качестве квазимодели **К-5**; *б* – соотношение параметров квазимодели **К-5** и очага №36 сбросо-сдвигового типа (стрелки — угол разворота тензора первичного поля вокруг оси T); *в* – квазимодель **К-6** обстановок субширотного растяжения. Условные обозначения: 1–3 — проекции осей напряжений для парагенезисов и отдельных очагов (1 — сжатия, 2 – растяжения, 3 – промежуточной); 4–6 — то же самое, для квазимodelей; 7 — проекции плоскостей размещения осей напряжений; 8 — разброс значений одноименных параметров в парагенезисах и квазимodelях, аппроксимирующих данные 2-х (*а*) и более (*б*) фокальных механизмов; 9 — проекции нодальных плоскостей, идентифицируемых как сбросы (бергштрихи — со стороны падения плоскости, стрелки — направления перемещения висячего крыла); 10 — направления растяжения.

В фокальных механизмах землетрясений сбросо-сдвигового типа (№№36, 48) ось T также ориентирована субмеридионально, но расхождение значений остальных параметров этих очагов по отношению к квазимодели **К-5** отражает трансформацию

тензора напряжений первичного поля путем его разворота вокруг оси T в разные стороны: в первом случае величина отклонения составляет $45\text{--}46^\circ$ (рис. 12 б), во втором – около 30° . Подобный, но более отчетливо выраженный характер трансформаций первичного поля путем вращения тензора напряжений, описан выше – для парагенезисов $K3(2)$ и $K3(3)$, являющихся симметричными антиподами относительно направления оси P (рис. 8 з, д)

Обстановки субширотного растяжения в регионе представлены только одним относительно слабым ($M_w=3.8$) землетрясением сбросового типа (№42 в табл. 1), которое произошло в пределах Туапсинской впадины (рис. 11, врезка). Поскольку иные очаги этого типа в регионе не установлены, этот фокальный механизм рассматривается нами в качестве квазимоделли соответствующей кинематической обстановки — **К-6** (табл. 4, рис. 12 в).

В обстановках юго-восточного–северо-западного растяжения было сформировано три землетрясения сбросового типа (№№ 1, 37, 40), в том числе самое сильное в Крыму за последние 100 лет разрушительное Ялтинское землетрясение 11.09.1927 г. с магнитудой $M_w=6.9$ (№1 в табл.1). В эту же выборку включены один сбросо-сдвиговый фокальный механизм (№43), а также два композитных (№№6*,8*), полученных путем обобщения параметров однотипных очагов слабых землетрясений с $M_w\approx 2.5$. Последние характеризуются сдвиго-сбросовым режимом. На возникновение их в условиях растяжения указывают величины углов наклона оси T (34°) и структурно-кинематическая идентификация нодальных плоскостей в качестве сброса ($NP2$) и сдвиго-сброса ($NP2$). Почти все землетрясения данной выборки локализованы в пределах Южнобережной сейсмогенной зоны; лишь один очаг (№37) расположен на северо-восточном центриклинальном замыкании Туапсинской впадины (рис. 13).

Основные особенности обстановок юго-восточного–северо-западного растяжения отражает структурно-кинематический парагенезис $K7(1)$, полученный путем осреднения значений параметров фокальных механизмов сбросового типа. Он отвечает «идеальному» сбросовому режиму и, соответственно, принят в качестве квазимоделли **К-7** для сейсмогенеза, обусловленного воздействием первичных полей напряжений в данной кинематической обстановке (врезка на рис. 13). Учитывая морфологию континентального склона к югу от Крымского полуострова и общий характер распределения сейсмичности в пределах этого сегмента земной коры, в качестве реального сейсмогенного разрыва в квазимоделли **К-7** рассматривается нодальная плоскость $NP1$, идентифицируемая как сброс, падающий в юго-восточном направлении ($124/58^\circ$).

Остальные три фокальных механизма отражают особенности трансформаций первичного сбросового поля напряжений. Так, соотношение проекций нодальных плоскостей и осей главных напряжений квазимоделли **К-7** с параметрами механизмов очагов №№6*,8* таково, что оси P и T квазимоделли практически попадают на проекции нодальных плоскостей этих очагов и наоборот (рис. 14 а).

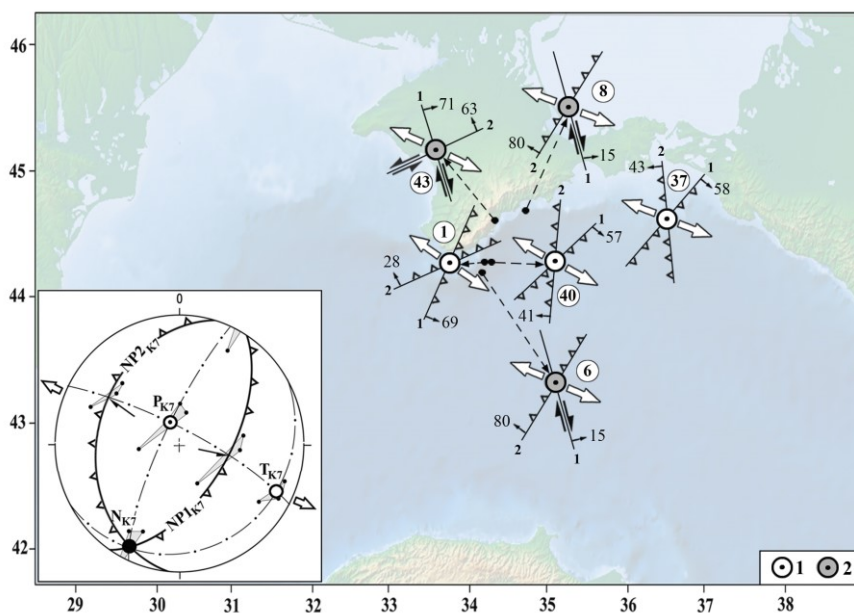


Рис. 13. Квазимодель **К-7** сбросового типа, аппроксимирующая обстановки юго-восточного–северо-западного растяжения (на врезке) и схема расположения очагов землетрясений, сформированных в данной обстановке. Условные обозначения: 1 — очаги сбросового типа в составе квазимодели **К-7**; 2 — очаги сбросо-сдвигового и сдвиго-сбросового типов, обусловленных трансформированными полями напряжений. Остальные обозначения — см. на рис. 11, 12.

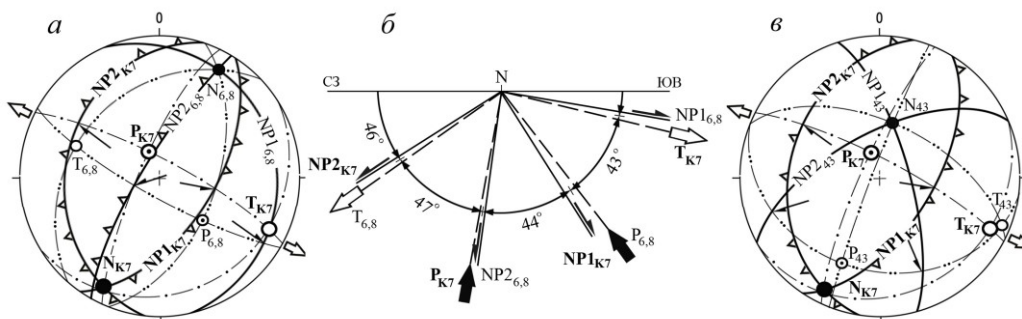


Рис. 14. Соотношение параметров квазимодели **К-7** и решений механизмов очагов, обусловленных трансформированными полями напряжений: **а, б** — для квазимодели **К-7** и очагов №№6*, 8* на стереограмме (**а**) и на разрезе (**б**), ориентированном перпендикулярно оси *N*, вокруг которой происходит разворот тензора напряжений (показаны проекции нодальных плоскостей, направления смещений по ним и проекции главных осей); **в** — для квазимодели **К-7** и очага №43. Условные обозначения — см. на рис. 12.

В то же время, результаты сопоставления параметров сбросовой квазимодели **К-7** и очага №43 сбросо-сдвигового типа показывают, что в данном случае оси P и N почти меняются местами, отражая трансформацию первичного поля путем разворота тензора напряжений вокруг оси растяжения T на $68\div 70^\circ$ (рис. 14 *в*).

Обстановки юго-западно-северо-восточного растяжения обусловили возникновение очагов с разными деформационными режимами — сбросовым (№№16, 34, 50) и сдвиго-сбросовым (№№5, 17 и 18). При этом очаги сбросового типа локализованы только в пределах Южнобережной сейсмогенной зоны (рис. 15).

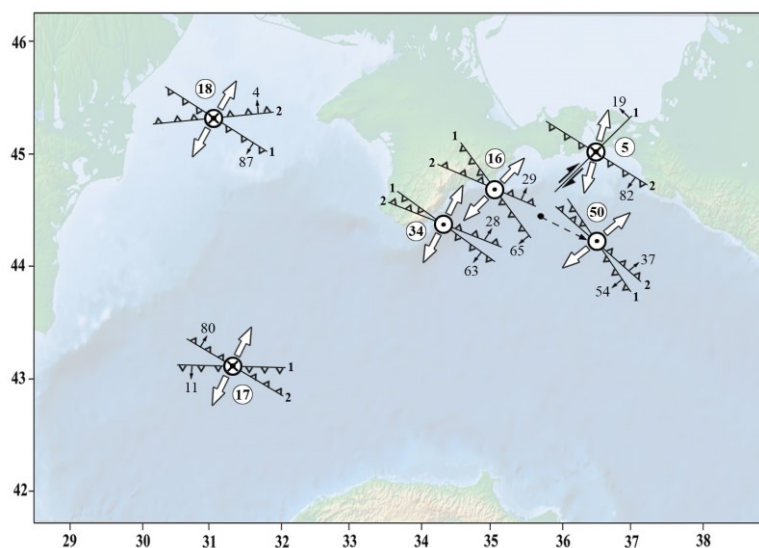


Рис. 15. Распределение сбросовых (точки в кружках) и сдвиго-сбросовых (кресты в кружках) очагов землетрясений, обусловленных обстановками юго-западно-северо-восточного растяжения. Условные обозначения — см. на рис. 11.

Они имеют сходные значения параметров фокальных механизмов (с отклонением от среднего не более, чем на 12°), что позволяет отнести их к одному структурно-кинематическому парагенезису К8(1). Его нодальные плоскости идентифицированы как падающие в противоположных направлениях сбросы северо-западного простирания почти без сдвиговой составляющей, а ось растяжения под небольшим углом ориентирована в юго-западном-северо-восточном направлении. Учитывая, что парагенезис К8(1) включает очаг с максимальной магнитудой (№16, $M_w=4.9$) и отвечает «идеальному» сбросовому режиму, он отождествлен с квазимоделью сейсмогенеза **К-8**, характеризуемой строго диагональным ($220^\circ \leftrightarrow 40^\circ$) направлением растяжения и отражающей, таким образом, особенности первичного поля для данной кинематической обстановки (табл. 4, рис. 16 *а*).

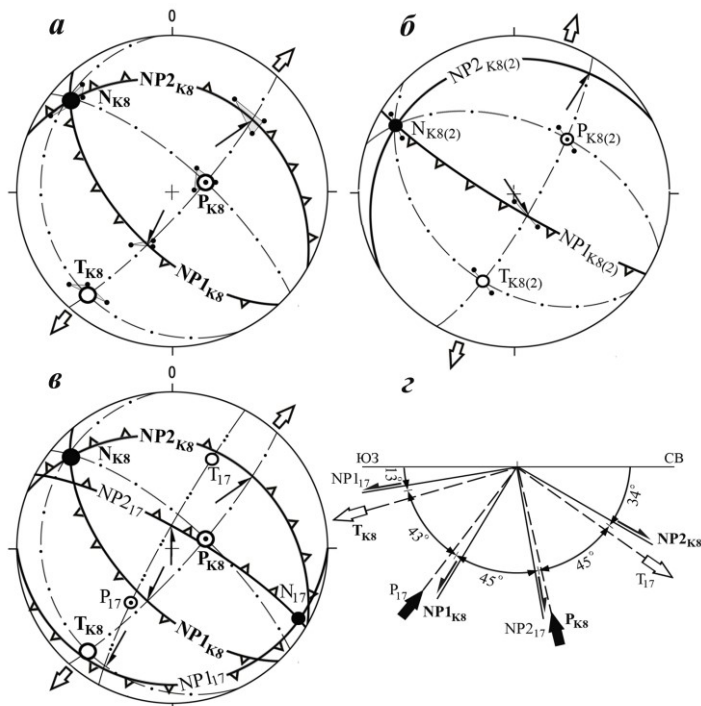


Рис. 16. Проявления сейсмогенеза в обстановках юго-западно–северо-восточного растяжения: *а* — парагенезис К8(1) взбросового типа, принятый в качестве квазимодели **К-8**; *б* — парагенезис К8(2) взбросо-сдвигового типа; *в*, *з* — соотношение на стереограмме (*в*) и в разрезе (*з*) параметров квазимодели **К-8** и очага №17 сдвига-сбросового типа. Условные обозначения — см. на рис. 12.

Землетрясения, характеризуемые сдвиго-сбросовым режимом, рассредоточены на всей изучаемой территории: очаг №18 локализован в пределах северо-западного шельфа Черного моря в зоне сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты, №5 — в зоне Керченско-Таманского прогиба, №17 — в пределах Западно-Черноморской впадины (рис. 15). При этом два очага (№№5, 18) имеют весьма близкие значения соответствующих параметров с отклонениями от среднего на $3\div 9^\circ$, что позволяет объединить их в один парагенезис К8(2) сдвиго-сбросового типа (рис. 16 *б*). Учитывая близость значений параметров К8(1) и К8(2), указывающую на незначительную степень трансформации первичного поля напряжений, обстановки юго-западно–северо-восточного растяжения можно было бы охарактеризовать одной стереограммой, аппроксимирующей значения параметров всех фокальных механизмов, за исключением очага №17. Однако рассматривать эту стереограмму в качестве квазимодели **К-8** не позволяет условие, которое априори предполагает отдельный анализ фокальных механизмов, обусловленных влиянием первичных и трансформированных полей напряжений.

Параметры фокального механизма №17 существенно отличаются от параметров остальных очагов, сформировавшихся в данной кинематической обстановке. Тем не менее, есть основания рассматривать его не как случайное проявление, а в качестве системного элемента регионального сейсмогенеза, отражающего особенности трансформаций первичных полей напряжений. Так, сопоставление значений параметров квазимодели **К-8** и очага №17 показывает, что в последнем случае происходило изменение положения тензора напряжений путем его разворота вокруг оси N , вследствие чего проекции главных осей P и T одной системы напряжений почти совпадают с проекциями нодальных плоскостей другой, и наоборот (рис. 16 в). На разрезе, ориентированном перпендикулярно к направлению промежуточной оси N (рис. 16 з), они локализованы в створе узких $(6\pm 2)^\circ$ секторов, угол между которыми составляет $(45\pm 2)^\circ$. Следовательно, в результате трансформации первичного поля квазимодели **К-8** плоскостям локализации осей нормальных напряжений PN и TN стали соответствовать плоскости действия максимальных касательных напряжений в очаге №17.

Следует отметить и симметричное соотношение значений параметров тензоров трансформированных (сдвиго-сбросового типа) систем напряжений в парагенезисе $K8(2)$ и в очаге №17, в которых, вследствие вращения тензора вокруг оси N на величину $(90\pm 8)^\circ$, положение оси максимального растяжения T почти совпадает с положением оси минимального растяжения P (рис. 16 б, в).

5. ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК СУБМЕРИДИОНАЛЬНОГО РАСТЯЖЕНИЯ – СУБШИРОТНОГО СЖАТИЯ

Двойственный характер определения этой категории кинематических обстановок обусловлен тем обстоятельством, что формирование очагов землетрясений сдвигового типа с широтно ориентированной осью P и субмеридиональной осью T равновероятно как в условиях субширотного сжатия, так и субмеридионального растяжения. В первом случае оси P и T характеризуют направления действия, соответственно, максимального и минимального сжимающих напряжений, во втором – минимального и максимального растяжения. Ввиду статистически непредставительной выборки данных по региону, какие-либо признаки или способы, позволяющие прямым образом установить, какая из этих обстановок являлась структурообразующей, отсутствуют. Пространственная приуроченность очагов сдвигового типа к разным геоструктурам земной коры региона (рис. 7) также не позволяет использовать (даже в качестве не прямых, косвенных признаков) какие-либо геодинамические критерии для идентификации обстановок их формирования.

В Крымско-Черноморском регионе идентифицировано только 3 очага сдвигового типа с широтно ориентированной осью P и, соответственно, меридионально направленной осью T (№№4, 11, 41 в табл. 1). Учитывая близость значений параметров фокальных механизмов, они объединены в квазимодель **К-9** (табл. 4, рис. 6 з), которая аппроксимирует обстановки субмеридионального растяжения–субширотного сжатия в регионе. Основу квазимодели составляют

диагонально ориентированные вертикальные нодальные плоскости, в структурно-кинематическом отношении идентифицируемые как сдвиги практически без какой-либо взбросовой или сбросовой составляющей.

Сдвиговые землетрясения приурочены к зонам крупных тектонических нарушений региона северо-западного простирания [1]. Это позволяет рассматривать в качестве реальных разрывов в этих очагах нодальные плоскости, которые имеют аналогичное простирание, указывая на современную активизацию зон этих разломов по левому сдвигу, равновероятную как при субмеридиональном растяжении, так и в обстановках субширотного сжатия.

6. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Вариативный характер кинематических обстановок сейсмогенеза и многообразие деформационных режимов в очагах землетрясений Крымско-Черноморского региона обуславливают возможность анализа этих факторов на предмет выявления закономерностей их проявления по следующим аспектам:

- распределение ориентировок осей главных напряжений, обусловивших обстановки сжатия и растяжения;
- трансформации первичных полей напряжений во вторичные;
- иерархические взаимоотношения разноориентированных первичных полей напряжений.

Секторальное распределение ориентировок осей главных напряжений, обусловивших обстановки сжатия и растяжения. Эта закономерность в процессе сейсмогенеза Крымско-Черноморского региона выражена не столь явственно, как в пределах ранее изученных сейсмоактивных областей [6], вследствие недостаточной репрезентативности данных и относительно невысоких магнитуд землетрясений, для которых получены решения механизмов очагов. Тем не менее результаты последовательных преобразований (от выделения структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений, удовлетворяющих одному полю напряжений, до построения квазимodelей, аппроксимирующих кинематические обстановки и деформационные режимы сейсмогенеза) и анализа параметров фокальных механизмов также указывают на избирательность ориентировок осей главных полей напряжений по отношению к сторонам света. В той или иной мере она проявляется как в условиях регионального сжатия (рис. 17 *a*), так и в обстановках растяжения (рис. 17 *б*), позволяя обособить относительно узкие ($8\div 19^\circ$) общие сектора преимущественного действия главных напряжений сжатия и растяжения субмеридиональной, субширотной и диагональных ориентировок (рис. 17 *в*). Эта избирательность присуща квазимodelям сейсмогенеза основных (сдвигового, сбросового, взбросового) типов, а также результирующим построениям, учитывающим наличие локальных трансформаций поля напряжений.

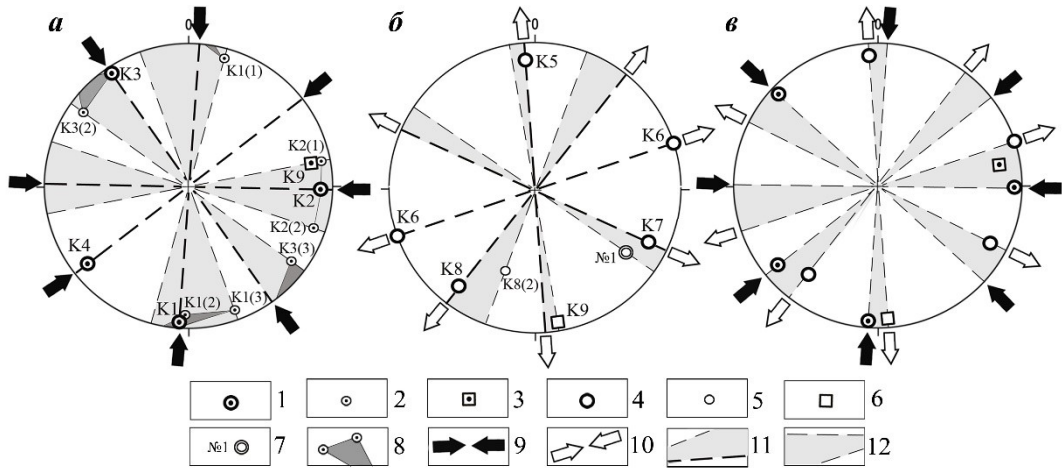


Рис. 17. Секторальное распределение ориентировок осей напряжений в квазимоделях и структурно-кинематических парагенезисах: *a* — осей P для обстановок сжатия; *b* — осей T для обстановок растяжения; *v* — сводная (границы секторов максимального сжатия-растяжения). Условные обозначения: 1–3 — проекции осей P в квазимоделях (1), парагенезисах (2) взбросового типа и в квазимодели сдвигового типа (3); 4–6 — проекции осей T в квазимоделях (4), парагенезисах (5) сбросового типа и в квазимодели сдвигового типа (6); 7 — проекция оси T в фокальном механизме №1 землетрясения 11.09.1927 г.; 8 — разброс значений оси P в парагенезисах одной кинематической обстановки; 9–0 — направления сжатия (9) и растяжения (10); 11 — секторы сжатия и растяжения: жирный пунктир — направление действия осей P и T в квазимоделях соответствующих обстановок (на рис. *a* и *b*); 12 — секторы максимального сжатия-растяжения, обобщенные для всех кинематических обстановок региона (на рис. *v*).

Полученные данные согласуются не только с особенностями распределения ориентировок осей главных напряжений в проявлениях сейсмогенеза других сегментов Средиземноморского пояса [6, 11, 12], но и с результатами анализа структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений, характеризующих процессы новейшего тектонического разрывообразования в пределах Горного Крыма [23].

Особенности трансформаций первичных полей напряжений. Выше отмечалось, что усложнение основных (взбросового, сбросового и сдвигового) деформационных режимов сейсмогенеза в виде их «комбинаторных» проявлений — сдвига-сбросового, взбросо- и сбросо-сдвигового типов, являются следствием локальных трансформаций первичных полей напряжений. Причиной этих трансформаций является изменение соотношения величин напряжений (выполнить количественную оценку которых по имеющимся данным не представляется

возможным), определяющих характер тензора напряжений и действующих в разных направлениях.

При анализе кинематических обстановок отмечались некоторые соотношения параметров фокальных механизмов и их парагенезисов, отвечающих первичным и трансформированным полям напряжений. Специфический характер этих соотношений позволяет выполнить обобщение особенностей трансформаций напряжений первичного поля для тех обстановок, где эти трансформации имели место, поскольку в условиях некоторых ортогонально ориентированных систем напряжений (субмеридионального и субширотного сжатия, субширотного сжатия–субмеридионального растяжения) таковые не проявились.

Установлено, что во всех случаях трансформации происходят, главным образом, путем вращения тензора напряжений вокруг направления действия одной из главных осей с изменением положения двух других осей. Приведенные ниже примеры (рис. 18), по-видимому, не исчерпывают всех теоретически возможных вариантов подобных превращений. Тем не менее, они в достаточной мере отражают основные особенности трансформаций первичных полей напряжений.

Так, в обстановках сжатия в обоих диагональных направлениях отмечается вращение тензора напряжений вокруг направления оси сжатия. При этом в первом случае, отражающем соотношение параметров квазимодели **К-3** и структурно-кинематических парагенезисов взбросо-сдвигового типа **К3(2)** и **К3(3)**, при трансформации происходит разворот тензора напряжений относительно направления оси *P* в противоположные стороны на величину, близкую 45° (рис. 8 *z*, *d*, рис. 18 *a*). В то же время, смещение положения осей *T* и *N* парагенезисов **К3(2)** и **К3(3)** относительно друг друга составляет $\approx 90^\circ$, вследствие чего эти оси меняются местами. Во втором случае, в обстановке юго-западного–северо-восточного сжатия (рис. 18 *b*), положения осей *T* и *N* фокального механизма очага №20 взбросо-сдвигового типа смещаются по отношению к соответствующим параметрам первичного поля квазимодели **К-4** на величину, также близкую 45° ($43^\circ \div 46^\circ$).

В условиях субмеридионального растяжения трансформированным полям напряжений соответствуют фокальные механизмы сбросо-сдвигового типа №№36 и 48. Трансформация тензора напряжений первичного поля (аппроксимируемого квазимоделью **К-5**) происходит путем его разворота вокруг оси *T* в разные стороны, при этом в первом случае (№36) величина отклонения оси *P* от первичного положения составляет 46° , во втором (№48) — 32° (рис. 18 *в*).

Более сложные и многообразные виды трансформаций проявились в кинематических обстановках диагонального растяжения. Это обусловлено как значительным количеством землетрясений, фокальные механизмы которых характеризуются «комбинаторными» режимами (сбросо-сдвигового и сдвиго-сбросового типов), так и вариативностью параметров последних.

При анализе сейсмогенеза, обусловленного обстановками юго-восточного–северо-западного растяжения, было показано, что в одном случае (при сопоставлении первичного поля квазимодели **К-7** с параметрами фокальных механизмов №№6*, 8* сдвиго-сбросового типа) трансформация происходила путем разворота тензора напряжений вокруг оси *N* на величину, равную $(46 \pm 2)^\circ$, вследствие чего проекции

осей P и T очагов №№6*, 8* практически оказались наложенными на проекции нодальных плоскостей квазимодели **К-7** (рис. 14 *а, б*, рис. 18 *з*). Во втором случае, в процессе реализации очага №43 сбросо-сдвигового типа, трансформация первичного поля осуществлялась уже путем разворота тензора напряжений вокруг оси растяжения T на $68\div 70^\circ$ таким образом, что оси P и N почти поменялись местами (рис. 14 *в*, рис. 18 *д*).

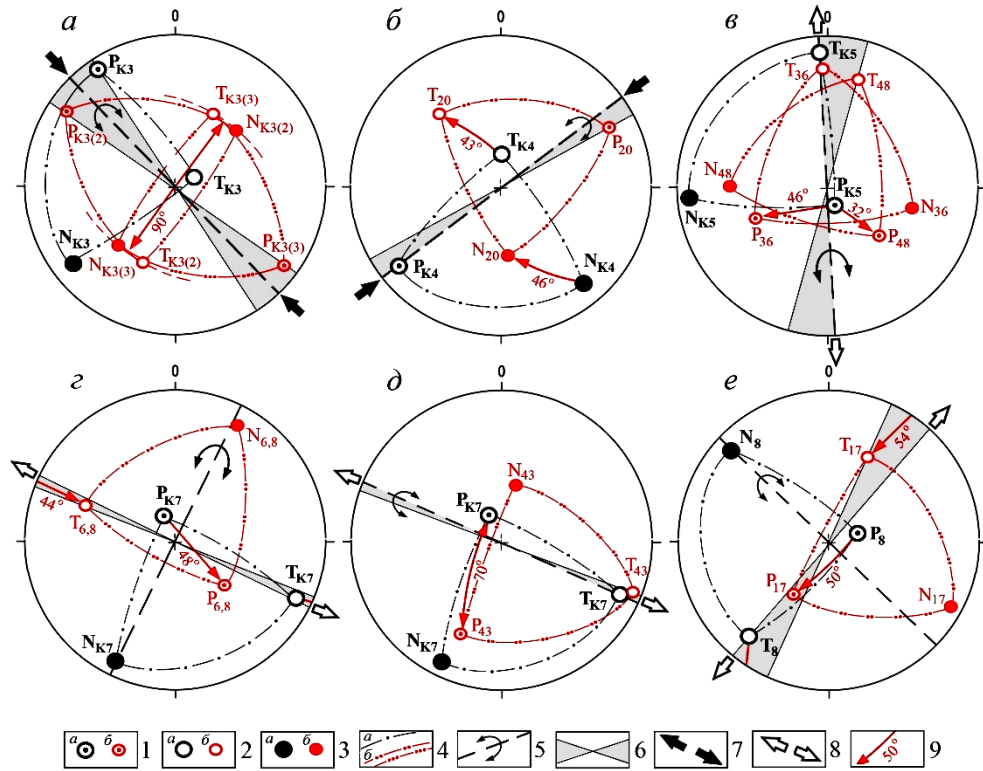


Рис. 18. Отражение трансформаций тензоров напряжений в параметрах парагенезисов и очагов в обстановках: *а* — юго-восточного–северо-западного сжатия; *б* — юго-западного–северо-восточного сжатия; *в* — субмеридионального растяжения; *г, д* — юго-восточного–северо-западного растяжения; *е* — юго-западного–северо-восточного растяжения. Условные обозначения: 1 — проекции осей P для квазимodelей (*а*), парагенезисов и очагов (*б*); 2 — то же самое — для осей T ; 3 — то же самое — для осей N ; 4 — проекции плоскостей размещения осей главных напряжений для квазимodelей (*а*), парагенезисов и очагов (*б*); 5 — ось вращения тензора напряжений; 6 — секторы сжатия-растяжения; 7, 8 — направления сжатия (7) и растяжения (8); 9 — угловая величина разворота тензора напряжений. Подстрочные индексы — наименования осей главных напряжений в квазимodelях (черное), в парагенезисах и очагах (красное) соответствующих обстановок.

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОКАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Трансформации первичного сейсмогенерирующего поля в обстановке юго-западного–северо-восточного растяжения нашли отражение:

- в незначительных изменениях, которые устанавливаются в результате сопоставления квази модели **К-8** и структурно-кинематического парагенезиса К8(2), аппроксимирующего параметры фокальных механизмов №№5 и 18 сдвиго-сбросового типа (рис. 16 *а, б*);

- в существенном развороте тензора напряжений очага №17 сдвиго-сбросового типа по отношению к первичному полю вокруг промежуточной оси *N*; при этом отклонение осей *P* и *T* в очаге №17 от первоначального положения одноименных осей составило $50 \pm 54^\circ$, а в проекции на плоскость разреза (рис. 18 *е*, рис. 16 *з*) – $(45 \pm 3)^\circ$, в результате чего они практически оказались наложенными на проекции нодальных плоскостей квази модели **К-8** и наоборот (рис. 16 *в*).

В общем виде особенности трансформаций сейсмогенерирующих полей напряжений можно представить стереограммой, на которой приведены величины отклонений 2-х главных осей от направления третьей оси (независимо от их названия), вокруг которой происходит вращение тензора напряжений (рис. 19).

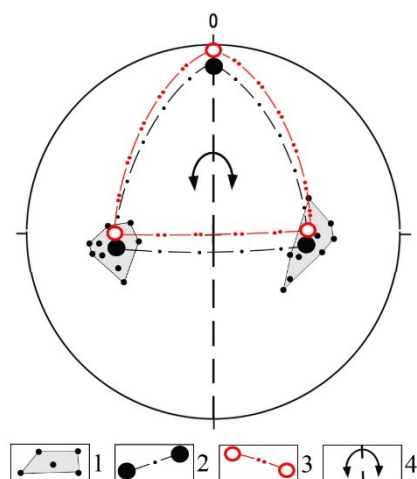


Рис. 19. Стереодиаграмма распределения отклонений 2-х главных осей от направления третьей оси, вокруг которой происходит вращение тензора напряжений в процессе трансформации первичного поля. *Условные обозначения:* 1 — области отклонений 2-х главных осей от направления третьей (независимо от их названия); 2 — проекции осей и плоскостей их размещения в «реальной» модели тензора напряжений трансформированных полей; 3 — то же самое для «идеальной» модели; 4 — ось вращения тензора напряжений.

Среднее по совокупностям этих отклонений с каждой из сторон от оси вращения составляет 44° и 46° , то есть $(45 \pm 1)^\circ$, что позволяет обосновать модель тензора напряжений для трансформированных полей с учетом реальных отклонений проекций 2-х осей от третьей, являющейся осью вращения, независимо от названия

последней. Как видно из стереограммы, построенная («реальная») модель отличается от «идеальной», в которой ось вращения принята строго горизонтальной, лишь небольшим углом наклона этой оси.

Приведенные на рисунке 19 особенности трансформаций первичных систем напряжений дополняют высказанное в работах [1, 6] положение о «поясном» характере распределения главных осей в процессе сейсмогенеза. Согласно этому положению, первый круговой пояс, протягивающийся вдоль внешней границы стереограммы, образуют концентрации главных осей напряжений, обусловленные проявлениями основных деформационных режимов. Второй пояс (в полосе стереограммы $35\div 55^\circ$, в среднем — 45°) отражает распределение главных осей в тензорах трансформированных полей.

Добавим, что в случаях, когда в процессе трансформации вращение тензора напряжений происходит вокруг оси N , проекции осей P и T трансформированных систем, отклоняясь от своего первоначального положения на величину $\approx 45^\circ$, накладываются на нодальные плоскости квазимodelей первичных полей (рис. 14 *а*, рис. 16 *в*), указывая на то, что плоскости максимальных касательных и нормальных напряжений меняются местами. По-видимому, в природных геосистемах, подверженных релаксации и/или трансформации, такой механизм дискретного изменения полей напряжений является наименее энергозатратным.

Иерархические взаимоотношения разноориентированных полей напряжений. Выше указывалось, что количественные соотношения проявлений регионального (в пределах исследуемой территории, табл. 2) и надрегионального (в Средиземноморском поясе, рис. 3) сейсмогенеза послужили критерием для разделения деформационных режимов (и, соответственно, структурообразующих систем напряжений) на основные (первичные) и трансформированные. Дополнительным подтверждением этого на региональном материале являются:

- различие энергетических уровней землетрясений, сформировавшихся в условиях одних и тех же кинематических обстановок, но характеризующихся разными деформационными режимами, поскольку предельные значения магнитуд M_{\max} в очагах основных (сдвигового, взбросового и сбросового) типов как правило выше, чем для остальных типов сейсмогенеза, реализовавшихся в аналогичных кинематических обстановках (рис. 20 *а*);
- количественное преобладание землетрясений, обусловленных воздействием первичных полей напряжений (рис. 20 *б*);
- отсутствие очагов с деформационными режимами, не относящимися к категории первичных, в некоторых обстановках: субмеридионального и субширотного сжатия, субширотного сжатия – субмеридионального растяжения (рис. 20 *а, б*).

В работе [1] было отмечено некоторое различие в углах наклона осей сжатия и растяжения в квазимodelях сейсмогенеза, характеризующих разные кинематические обстановки, а именно: в условиях диагонального сжатия и растяжения величины этих углов несколько больше, чем в ортогонально ориентированных системах. С учетом новых данных по решениям механизмов очагов, эта тенденция сохранилась, хотя различие и стало менее контрастным (рис. 21).

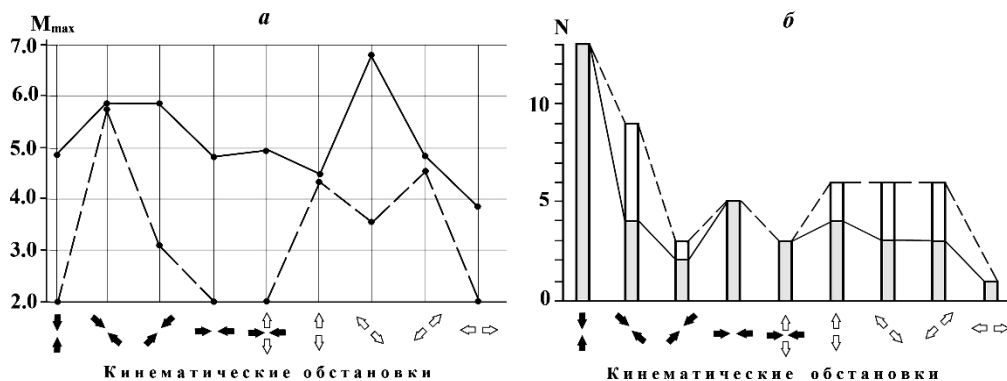


Рис. 20. Предельные значения магнитуд M_{max} землетрясений, сформировавшихся в условиях основных (сплошная) и трансформированных (пунктир) полей напряжений (а) и соотношения количества землетрясений (N), обусловленных воздействием первичных (залитые столбцы) и трансформированных (незалитые фрагменты) полей (б) в условиях разных кинематических обстановок.

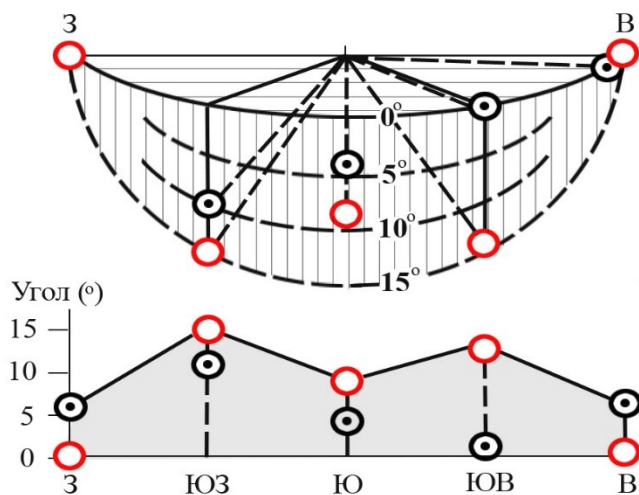


Рис. 21. Углы наклона осей главных напряжений первичного поля (черные кружки с точкой — оси P в квазимоделях сжатия; красные кружки — оси T в квазимоделях растяжения; залитое серым на графике — область предельных значений углов наклона).

Таким образом, получил подтверждение тезис о том, что поля напряжений ортогонального (меридионального и широтного) сжатия-растяжения относятся к системам более высокого иерархического уровня по сравнению с таковыми диагональной ориентировки, поскольку последние характеризуются более значительными отклонениями главных осей напряжений от горизонтального положения. Аналогичная закономерность просматривается и в распределении

ориентировок осей сжатия в моделях сейсмогенеза других исследуемых сегментов Средиземноморского пояса [6].

ВЫВОДЫ

Основные выводы данной работы касаются, главным образом, методологических аспектов выполненных исследований, что обусловлено специфическими особенностями используемого фактического материала. К таковым относятся:

- перманентное (по мере получения новых данных) пополнение регионального каталога фокальных механизмов, которое, во-первых, обуславливает необходимость учета этих данных при тектонофизическом анализе сейсмогенеза и, во-вторых, позволяет верифицировать (или, наоборот, опровергнуть) ранее полученные выводы и подтвердить (или подвергнуть сомнению) корректность методических подходов, применяемых в процессе исследований;

- недостаточная в статистическом отношении, несмотря на постоянное пополнение базы данных, представительность анализируемого материала (решений механизмов очагов) для такого сложного в геологическом отношении региона как Черное море и прилегающие территории.

В контексте сказанного, результаты анализа кинематических обстановок сейсмогенеза в Крымско-Черноморском регионе, выполненного на основе пополненного каталога (с учетом всех имеющихся данных по решениям механизмов очагов), позволяют обосновать следующие выводы:

1. Основные особенности сейсмогенного разрывообразования в регионе, установленные ранее [1], получили свое подтверждение в результате привлечения и анализа новых данных. Эти особенности вполне согласуются с закономерностями, установленными в процессе изучения сейсмогенеза в пределах отдельных областей Средиземноморского пояса – Загроса, Вранча и Кавказа [6]. Так, в достаточной мере обоснован избирательный характер проявления сейсмогенерирующих полей напряжений, который выражается в секторальном распределении ориентировок осей P и T в квазиמודелях разных типов сейсмогенеза. Также в ходе сопоставительного анализа квазиמודелей, отражающих воздействие первичных полей напряжений, и всех проявлений (структурно-кинематических парагенезисов, отдельных фокальных механизмов), обусловленных влиянием вторичных (трансформированных) систем, дополнительно получено модельное обоснование «поясного» распределения ориентировок главных осей как следствия закономерных изменений напряженно-деформированного состояния земной коры в процессе трансформаций полей напряжений. Ряд факторов (высокие энергетические уровни и количественное преобладание землетрясений, обусловленных первичными полями напряжений, отсутствие в некоторых обстановках очагов с деформационными режимами, не относящимися к категории первичных) подтверждают положение о том, что напряжения ортогонального сжатия и растяжения относятся к системам более высокого иерархического уровня по сравнению с таковыми диагональной ориентировки.

2. На фоне современной геодинамической нестабильности Крымско-Черноморского региона, выраженной многообразием быстро сменяющихся кинематических обстановок и деформационных режимов, установлены новые факторы, позволяющие соотнести параметры фокальных механизмов с некоторыми особенностями геологического строения изучаемой территории. Так, отмечается пространственная приуроченность очагов Южнобережной сейсмогенной зоны, обусловленных обстановками субширотного и юго-восточного–северо-западного сжатия, к области локального изгиба континентального склона, где происходит изменение его простирания с северо-восточного на меридиональное или северо-западное. Структурно-кинематические характеристики нодальных плоскостей, идентифицируемых как взбросы, указывают на возможность тектонической активизации разломов меридиональной ориентировки, по которым в обстановках субширотного сжатия происходит надвигание юго-западной части Горного Крыма на центральный и восточный его сегменты. В условиях юго-восточного–северо-западного сжатия эти же системы разрывов могут активизироваться в виде взбросо-сдвигов, вдоль которых осуществляется смещение восточной части Горного Крыма относительно западной по левому сдвигу.

В то же время, многообразие кинематических обстановок, идентифицированных в очагах Южнобережной сейсмогенной зоны, по-прежнему не позволяет обосновать принадлежность этой зоны или отдельных ее фрагментов к какому-либо одному типу сейсмогенеза. При этом и в пространственных параметрах, и в структурно-кинематических характеристиках нодальных плоскостей фокальных механизмов Южнобережной зоны отсутствуют сколько-нибудь значимые прямые признаки современных перемещений Восточно-Черноморской плиты по типу поддвига под Крымский полуостров.

3. Несмотря на статистически относительно малопредставительную региональную базу данных по решениям механизмов очагов землетрясений, системный характер полученных результатов и их воспроизводимость свидетельствуют о корректности применяемого методического подхода. Периодически возобновляемый (по мере получения новых данных) тектонофизический анализ кинематических обстановок сейсмогенеза и в дальнейшем предполагает выполнение ряда последовательных преобразований (от выделения структурно-кинематических парагенезисов разрывов и смещений до построения квазимodelей) с вовлечением в обработку всех фокальных механизмов, включая очаги малых энергетических уровней.

Список литературы

1. Вольфман Ю. М., Пустовитенко Б. Г., Колесникова Е. Я. Обстановки сейсмогенеза Крымско-Черноморского региона (по данным решений механизмов очагов землетрясений) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). №4. С. 206–250.
2. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Скорректированные очаговые параметры землетрясений Крыма 2018–2019 гг. // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2021. Том 7 (73). №4. С. 164–175.
3. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Спектральные и очаговые параметры землетрясений

- Крымско-Черноморского региона // Землетрясения Северной Евразии в 2014 г. 2020, вып. 23(2014 г.). Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2020. С. 250–262.
4. Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э. Очаговые параметры землетрясений Крымско-Черноморского региона в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. 2021. Вып. 24 (2015 г.). Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. С. 226–236.
 5. Пустовитенко Б. Г. (отв. сост.) Каталог механизмов очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. 2022. Вып. 25 (2016–2017 г.). Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, Приложение на CD_ROM.
 6. Вольфман Ю. М., Колесникова Е. Я., Пустовитенко Б. Г., Милуков В. К. Избирательный характер проявления сейсмогенерирующих полей напряжений в пределах Средиземноморского пояса (по данным решений механизмов очагов землетрясений) // Вулканология и сейсмология, 2017. №6. С. 64–79.
 7. Введенская А. В. Исследования напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций. М.: Наука, 1969. 136 с.
 8. Балакина Л. М., Введенская А. В., Голубева И. В., Мишарина Л. А. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. М.: Наука, 1972. 192 с.
 9. Мишарина Л. А. Исследование механизма очагов слабых землетрясений северо-восточного сектора Байкальского рифта // Труды III Всесоюзного симпозиума. Новосибирск. 1969. С. 147–165.
 10. Юнга С. Л. Методы и результаты изучения сейсмоструктурных деформаций. М.: Наука, 1990. 190 с.
 11. Вольфман Ю. М. Структурно-кинематическая идентификация сейсмогенных зон системы Загроса (по данным решений механизмов очагов землетрясений) // Геофизический журнал, 2013. Т. 35, №2. С. 38–64.
 12. Вольфман Ю. М., Гинтов О. Б., Колесникова Е. Я., Муровская А. В. Тектонофизическая интерпретация механизмов очагов землетрясений системы Загрос // Геодинамика и тектонофизика. 2014. 5(1). С. 305–319.
 13. Гущенко О. И., Мострюков А. О., Петров В. А. Структура поля современного регионального напряжения сейсмоактивных зон земной коры восточной части Средиземноморского активного пояса // Докл. АН СССР. 1991. 312. №4. С. 830–835.
 14. Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: «Феникс», 2005. 572 с.
 15. Anderson E. M. The dynamics of faulting. Trans. Edinburgh, Geol. 1951. Sec (8), pp. 387–402.
 16. Гобаренко В. С., Муровская А. В., Егорова Т. П., Шермет Е. Е. Современные коллизионные процессы на северной окраине Черного моря // Геотектоника. 2016. №4. С. 68–87.
 17. Сайт Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра (EMSC). Режим доступа: emsc-csem.org. (дата обращения 20.11.2019).
 18. Гущенко О. И. Реконструкция поля мегарегиональных тектонических напряжений сейсмоактивных областей Евразии // Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.: Наука, 1979. С. 26–51.
 19. Ребецкий Ю. Л., Сим Л. А., Маринин А. В. От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы. М.: ГЕОС, 2017. 234 с.
 20. Пустовитенко А. А., Пустовитенко Б. Г. Новые данные о процессах в очаге ощутимого землетрясения 2 июля 1990 года (Крым) // Доповіді Національної Академії Наук України. 2015. №2. С. 102–109.
 21. Борисенко Л. С., Плахотный Л. Г. Геодинамика Крымско-Черноморского региона как следствие многоуровневого тектогенеза // Сб. материалов конференции «Геодинамика Крымско-Черноморского региона». Симферополь: Ин-т геофизики НАНУ, Крымский экспертный совет. 1997. С. 54–64.
 22. Юдин В. В. Геодинамика Крыма. Симферополь: Нац. академия природоохранного и курортного строительства, УкрГГРИ, ДИАЙПИ, 2011. 336 с.
 23. Вольфман Ю. М. Деформационные режимы и кинематические обстановки новейшего тектонического разрывообразования в пределах Горного Крыма. 2 // Геофизический журнал. 2015. Т. 37. №1. С. 100–120.

NEW RESULTS OF THE TECTONOPHYSICAL ANALYSIS OF THE FOCAL
MECHANISMS OF EARTHQUAKES IN THE CRIMEAN-BLACK SEA REGION

Volfman Yu. M.¹, Pustovitenko B. G.², Kolesnikova E. Ya.³

^{1,3}*Institute of seismology and geodynamics, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation*

²*Crimean Republican Center for Seismic and Landslide Hazard Assessment, Technical Inspection of Construction Facilities, Simferopol, Russian Federation*

E-mail: ¹seism.volf@gmail.com, ²bpustovitenko@mail.ru

The results of the study of kinematic conditions and deformation regimes of seismogenesis in the Crimean-Black Sea region are presented. The method of tectonophysical analysis of discontinuities and mixings in earthquake sources has been applied. All available solutions for earthquake source mechanisms in the region as of 2022 were used. Stereographic quasi-models of seismogenesis are constructed, which approximate the values of the parameters of focal mechanisms corresponding to different types of kinematic conditions. The main features of local transformations of seismogenic stress fields are established. Cases of possible reflection of the processes of seismogenic rupture* formation in the features of the geological structure and modern development of the Crimea and adjacent territories are considered.

Keywords: seismogenesis, stress fields, stress axes, earthquake focal mechanisms, kinematic settings, stress field transformations.

References

1. Volfman Yu. M., Pustovitenko B. G., Kolesnikova E. Ya. Obstanovki sejsmogeneza Krymsko-Chernomorskogo regiona (po dannym reshenij mekhanizmov ochagov zemletryasenij) (Environments of seismogenesis in the Crimean-Black Sea region (according to the solutions of earthquake source mechanisms)). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2018, Vol. 4(70), no. 4, pp. 206–250 (in Russian).
2. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E. Skorrektilirovannye ochagovye parametry zemletryasenij Kryma 2018–2019 gg. (Adjusted source parameters of earthquakes in Crimea in 2018–2019). *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya*. 2021, Vol. 7(73), no. 4, pp. 164–175 (in Russian).
3. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E. Spektral'nye i ochagovye parametry zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona (Spectral and source parameters of earthquakes in the Crimean-Black Sea region). *Zemletryaseniya Severnoj Evrazii v 2014 godu*. V. 23(2014). Obninsk: 2020, FIC EGS RAN, pp. 250–262 (in Russian).
4. Pustovitenko B. G., Eredzhepov E. E. Ochagovye parametry zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona v 2015 (Focal parameters of earthquakes in the Crimean-Black Sea region in 2015). *Zemletryaseniya Severnoj Evrazii v 2015 godu*. V. 24(2015). Obninsk: 2021, FIC EGS RAN, pp. 226–236 (in Russian).
5. Pustovitenko B. G. (otv. sost.) Katalog mekhanizmov ochagov zemletryasenij Krymsko-Chernomorskogo regiona za 2016–2017 g. (Catalog of earthquake source mechanisms in the Crimean-Black Sea region for 2016–2017). *Zemletryaseniya Severnoj Evrazii*. V. 25(2016–2017). Obninsk: 2022, FIC EGS RAN, Application on SD-ROM (in Russian).
6. Volfman Yu. M., Kolesnikova E. Ya., Pustovitenko B. G., Milyukov V. K. Izbiratel'nyj harakter proyavleniya sejsmogeneriruyushchih polej napryazhenij v predelah Sredizemnomorskogo poyasa (po dannym reshenij mekhanizmov ochagov zemletryasenij) (Selective nature of the manifestation of seismogenic stress fields within the Mediterranean belt (according to the solutions of earthquake source mechanisms)). *Volcanology and seismology*, 2017, no. 6, pp. 64–79 (in Russian).

7. Vvedenskaya A. V. Issledovaniya napryazhenij i razryvov v ochagah zemletryasenij pri pomoshchi teorii dislokacij. (Investigation of stresses and discontinuities in earthquake sources using the theory of dislocations). Moscow: Nauka, 1969, 136 p. (in Russian).
8. Balakina L. M., Vvedenskaya A. V., Golubeva I. V., Misharina L. A. Pole uprugih napryazhenij Zemli i mekhanizm ochagov zemletryasenij. (The Earth's Elastic Stress Field and the Mechanism of Earthquake Foci). Moscow: Nauka, 1972, 192 p. (in Russian).
9. Misharina L. A. Issledovanie mekhanizma ochagov slabyh zemletryasenij severo-vostochnogo sektora Bajkal'skogo rifta (Investigation of the focal mechanism of weak earthquakes in the northeastern sector of the Baikal Rift). Trudy III Vsesoyuznogo simpoziuma. Novosibirsk. 1969, pp. 147–165 (in Russian).
10. Yunga S. L. Metody i rezul'taty izucheniya sejsmotektonicheskikh deformatsij (Methods and results of studying seismotectonic deformations). Moscow: Nauka, 1990, 190 p. (in Russian).
11. Vol'fman Yu. M. Strukturno-kinemacheskaya identifikaciya sejsmogennyh zon sistemy Zagrosa (po dannym reshenij mekhanizmov ochagov zemletryasenij) (Structural-kinematic identification of seismic zones of the Zagros system (according to the solutions of earthquake source mechanisms)). Geofizicheskij zhurnal. 2013, Vol. 35, no. 2, pp. 38–64 (in Russian).
12. Vol'fman Yu. M., Gintov O. B., Kolesnikova E. Ya., Murovskaya A. V. Tektonofizicheskaya interpretaciya mekhanizmov ochagov zemletryasenij sistemy Zagros (Tectonophysical interpretation of earthquake source mechanisms in the Zagros system). Geodinamika i tektonofizika. 2014, 5(1), pp. 305–319 (in Russian).
13. Gushchenko O. I., Mostryukov A. O., Petrov V. A. Struktura polya sovremennogo regional'nogo napryazheniya sejsmoaktivnyh zon zemnoj kory vostochnoj chasti Sredizemnomorskogo aktivnogo poyasa (Structure of the modern regional stress field of seismically active zones of the Earth's crust in the eastern part of the Mediterranean active belt). Doklady AN SSSR. 1991, 312, no. 4, pp. 830–835 (in Russian).
14. Gintov O. B. Polevaya tektonofizika i ee primenenie pri izuchenii deformatsij zemnoj kory Ukrainy (Field tectonophysics and its application in the study of deformations of the earth's crust of Ukraine). Kiev: «Feniks», 2005, 572 p. (in Russian).
15. Anderson E. M. The dynamics of faulting. Trans. Edinburgh, Geol. 1951. Sec (8), pp. 387–402.
16. Gobarenko V. S., Murovskaya A. V., Egorova T. P., Sheremet E. E. Sovremennye kollizionnye processy na severnoj okraine Chernogo moray (Modern collisional processes on the northern margin of the Black Sea). Geotektonika. 2016, no. 4, pp. 68–87 (in Russian).
17. Sajt Evropejsko-Sredizemnomorskogo sejsmologicheskogo centra (EMSC). URL: emsc-csem.org. (data obrashcheniya 20.11.2019).
18. Gushchenko O. I. Rekonstrukciya polya megaregional'nyh tektonicheskikh napryazhenij sejsmoaktivnyh oblastej Evrazii. Polya napryazhenij i deformatsij v litosfere (Reconstruction of the field of megaregional tectonic stresses in seismically active regions of Eurasia. Stress and strain fields in the lithosphere). Moscow: Nauka, 1979, pp. 26–51 (in Russian).
19. Rebeckij Yu. L., Sim L. A., Marinin A. V. Ot zerkal skol'zheniya k tektonicheskim napryazheniyam. Metodiki i algoritmy (From slickensides to tectonic stresses. Methods and algorithms). Moscow: GEOS, 2017, 274 p. (in Russian).
20. Pustovitenko A. A., Pustovitenko B. G. Novye dannye o processah v ochage oshchutimogo zemletryaseniya 2 iyulya 1990 goda (Krym) (New data on the processes in the source of a perceptible earthquake on July 2, 1990 (Crimea)). Dopovidi Nacional'noj Akademii nauk Ukrainy. 2015, nn. 2, pp. 102–109 (in Russian).
21. Borisenko L. S., Plahotnyj L. G. Geodinamika Krymsko-Chernomorskogo regiona kak sledstvie mnogourovnenno go tektogeneza (Geodynamics of the Crimean-Black Sea region as a result of multilevel tectogenesis). Sbornik materialov konferencii «Geodinamika Krymsko-Chernomorskogo regiona». Simferopol': Institut geofiziki NANU, Krymskij ekspertnyj sovet. 1997, pp. 54–64 (in Russian).
22. Yudin V. V. Geodinamika Kryma (Geodynamics of Crimea). Simferopol': Nacional'nay akademiya prirodoohrannogo i kurortnogo stroitel'stva, UkrGGRI, DIAJPI. 2011, 336 p. (in Russian).
23. Vol'fman Yu. M. Deformacionnye rezhimy i kinemacheskije ustanovki novejshego tektonicheskogo razryvoobrazovaniya v predelakh Gornogo Kryma. 2 (Deformation regimes and kinematic settings of the latest tectonic rupture formation within the Crimean Mountains. 2). Geofizicheskij zhurnal. 2015, Vol. 37, no. 1, pp. 100–120 (in Russian).

Поступила в редакцию 06.09.2022 г.

УДК 550.348.435

ИНВЕРСИИ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КРЫМСКО-ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

Вольфман Ю. М., Колесникова Е. Я.

Институт сейсмологии и геодинамики, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация.

E-mail: seism.volf@gmail.com

Выполнен анализ изменения во времени кинематических обстановок в очагах землетрясений Южнобережной и Туапсинско-Анапской сейсмогенных зон Крымско-Черноморского региона. На примерах отдельных очагов и групп землетрясений показаны кратковременные инверсионные изменения кинематических обстановок сейсмогенеза двух типов. В первом случае сжатие сменяется растяжением в том же направлении (и наоборот). Во втором случае одна из осей главных напряжений, которая определяет тип кинематической обстановки (например, сжатия), меняет свое направление на перпендикулярное к ее первоначальному положению. Установлены пространственно-кинематические параметры сейсмических разрывов, а также общие закономерности их образования в условиях воздействия инверсионных полей напряжений.

Ключевые слова: инверсии полей напряжений, сейсмогенез, оси главных напряжений, фокальные механизмы землетрясений, кинематические обстановки.

ВВЕДЕНИЕ

Возможность непосредственного и прямого изучения характера изменений структурообразующих полей напряжений в масштабе реального времени предоставляют сейсмологические материалы, а именно – решения механизмов очагов землетрясений, локализованных в пределах структурно выраженных или относительно компактных сейсмоактивных областей. Получаемые при этом данные о точном времени и пространственных координатах регистрируемых событий позволяют анализировать последовательность современных (то есть, весьма кратковременных в геохронологическом отношении) вариаций напряженно-деформированного состояния земной коры, устанавливаемых путем сопоставления параметров тензоров напряжений в очагах землетрясений.

В ряде работ неоднократно отмечалась высокая степень пространственно-временной изменчивости обстановок сейсмогенеза как для сейсмоактивных областей или поясов в целом, так и для рядов последовательных событий, локализованных в ограниченных сегментах земной коры [1–4 и мн. др.], что является свидетельством геодинамической нестабильности регионов. Так, в результате анализа механизмов очагов землетрясений, локализованных в пределах Евразии и ее окраин, установлено, что из 330 событий 194 очага характеризуются субмеридиональным, 51 – субширотным и 85 – диагональным сжатием [1]. Одним из достоверно установленных фактов вариативности сейсмогенерирующих полей напряжений в локальном объеме земной коры является рой Газлийских землетрясений 1976–1984 годов, в очагах которых происходила переориентировка тензора напряжений,

отражающая изменение кинематических обстановок в очагах от юго-юго-западного (8.04.1976 г.) до северо-северо-западного (17.05.1976 г.) и восточно-юго-восточного (19.03.1984 г.) сжатия [5]. В качестве еще одного примера можно привести противоположный характер ориентировок тензора напряжений, который установлен в решениях механизмов очагов землетрясений, произошедших в центре древнейшего массива консолидированной земной коры – Украинского щита, в г. Кривой Рог (Украина). В последнее время здесь произошло три ощутимых землетрясения, для двух из которых (25.12.2007 г. и 23.06.2013 г.) получены решения механизмов очагов [6, 7]. Установлено, что оба очага реализовались в условиях взбросо-сдвигового режима, но в противоположных кинематических обстановках – субширотного (25.12.2007 г.) и субмеридионального (23.06.2013 г.) сжатия. Приведенные примеры далеко не исчерпывают всех проявлений геодинамической нестабильности регионов, получивших отражение в изменениях параметров фокальных механизмов землетрясений.

Целью данной работы является исследование пространственно-временных особенностей изменения кинематических обстановок сейсмогенеза в пределах Южнобережной и Туапсинско-Анапской зон Крымско-Черноморского региона. Основу анализа составили данные о параметрах решений механизмов очагов землетрясений этих зон, приведенные в региональном каталоге механизмов очагов землетрясений [8].

1. ИНВЕРСИИ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК СЕЙСМОГЕНЕЗА

Одним из проявлений геодинамической нестабильности сейсмоактивных регионов являются *инверсии* сейсмогенерирующих полей напряжений (от лат. *inversio* – «переворачивание, перестановка»). Они находят отражение в решениях механизмов очагов землетрясений, сформировавшихся в противоположных кинематических обстановках в течение коротких временных интервалов как непосредственно друг за другом, так и безотносительно к хронологической последовательности их возникновения.

Наличие инверсий в Крымско-Черноморском регионе устанавливается в случаях, отражающих два вида специфических соотношений очаговых параметров (рис. 1):

- когда вследствие изменения кинематической обстановки на противоположную (например, сжатие сменяется растяжением в том же направлении) происходит замена взбросового режима на сбросовый: при этом положение оси P , определяющей направление сжатия, занимает ось T , указывая на растяжение в том же направлении (и наоборот); примеры пар фокальных механизмов, характеризующихся подобными соотношениями значений параметров, приведены на рисунке 1 (*а-б* и *в-г*);

- когда происходит изменение ориентировки тензора напряжений таким образом, что та из осей главных напряжений, которая определяет тип кинематической обстановки (сжатия или растяжения), меняет свое направление приблизительно под прямым углом к ее первоначальному положению (примеры подобных пар фокальных механизмов – на рисунке 1 (*д-е* и *ж-з*));

Частным случаем инверсий второго вида являются очаги сдвигового типа, в

ИНВЕРСИИ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КРЫМСКО- ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

которых оси P и T взаимно меняются местами. В Крымско-Черноморском регионе данный вид инверсий не установлен, поскольку все сдвиговые очаги здесь формировались только в обстановках субширотного сжатия–субмеридионального растяжения [8]. Но результаты анализа фокальных механизмов землетрясений в пределах иных сегментов Средиземноморского пояса свидетельствуют о возможности и таких инверсионных превращений [9].

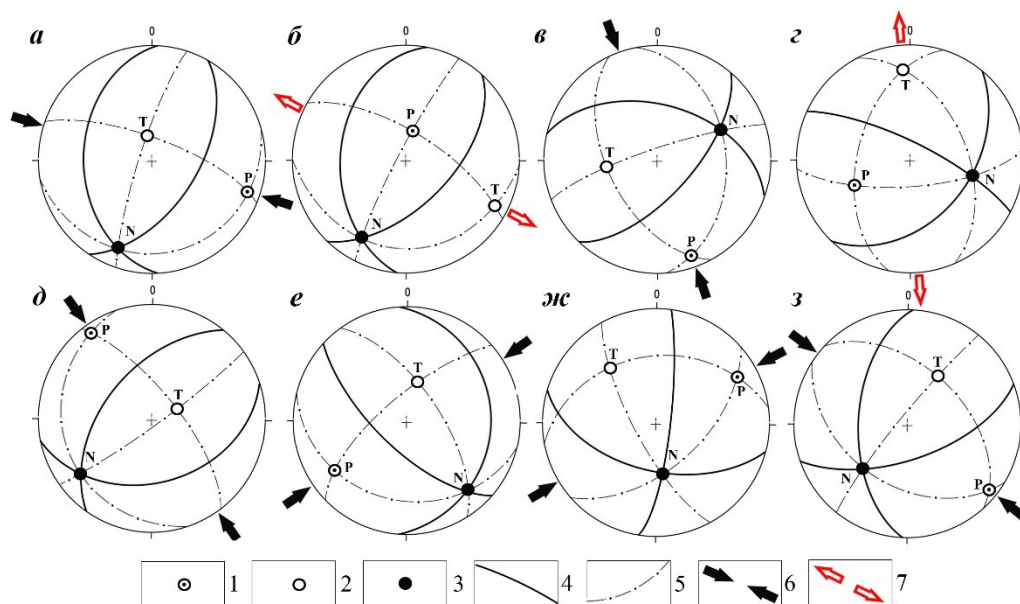


Рис. 1. Отражение инверсий кинематических обстановок в решениях механизмов очагов землетрясений: *a-g* — инверсий 1-го вида в парах очагов №39 (09.12.2013) (*a*) и №40 (02.03.2014) (*б*); №35 (30.01.2012) (*в*) и №36 (10.12.2012) (*г*); *д-з* — инверсий 2-го вида в парах очагов №2 (12.07.1966) (*д*) и №10 (03.09.1978) (*е*); №20 (22.11.1996) (*жс*) и №23 (02.06.1999) (*з*); номера очагов — по каталогу [8, табл. 1]. Условные обозначения: 1–3 — проекции осей главных напряжений: максимального сжатия – минимального растяжения (1), максимального растяжения — минимального сжатия (2), промежуточной (3); 4 — проекции нодальных плоскостей; 5 — проекции плоскостей размещения осей главных напряжений; 6 — направления сжатия; 7 — направления растяжения.

Особенности изменений во времени напряжённно-деформированного состояния земной коры и, соответственно, кинематических обстановок сейсмогенеза наглядно отражает сравнительная хронограмма ориентировок напряжений, обусловивших формирование очагов землетрясений разных типов в пределах Южнобережной и Туапсинско-Анапской сейсмогенных зон (рис. 2). Она же позволяет отследить пары или группы близких (по времени их реализации) событий, в которых проявился инверсионный характер структурообразующих полей напряжений.

1. Наличие *инверсий 1-го вида* отражают фокальные механизмы землетрясений, последовательно сформировавшиеся в противоположных обстановках и характеризующихся разными типами деформационного режима. Одна из таких пар представлена решениями механизмов очагов землетрясений №39 (09.12.2013)³ и №40 (02.03.2014), соответственно, взбросового и сбросового типа, которые локализованы в пределах Южнобережной зоны (рис. 1 *а, б*, рис. 2). В течение 4-х месяцев, составивших временной интервал между этими событиями, произошла полная инверсия кинематической обстановки: восточно-юго-восточное сжатие сменилось растяжением практически в том же направлении (различие составляет 9°), вследствие чего оси *P* и *T* поменялись местами, а нодальные плоскости, имея близкие элементы залегания, в первом случае реализовались как взброс и надвиг, во втором – как сбросы.

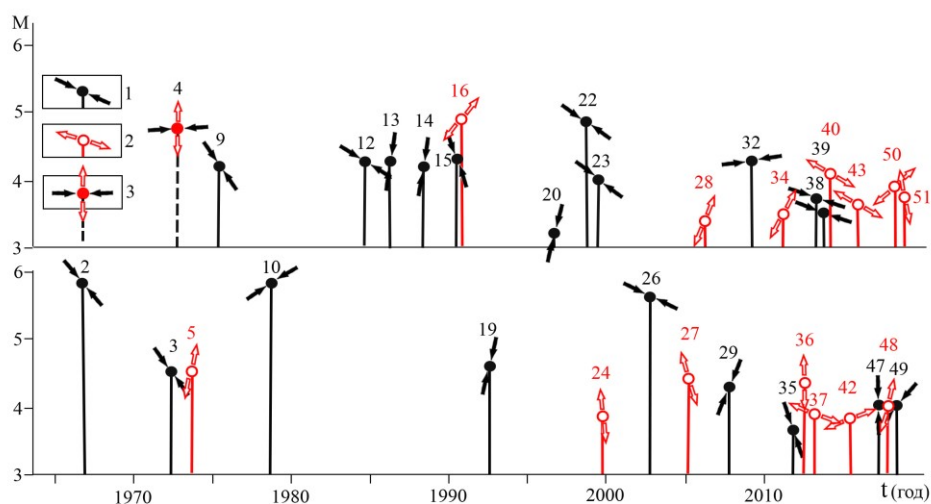


Рис. 2. Сравнительная хронограмма изменения кинематических обстановок сейсмогенеза в пределах Южнобережной (верхний ряд) и Туапсинско-Анапской (нижний ряд) зон. Условные обозначения: 1 – очаги, сформировавшиеся в обстановках сжатия; 2 – очаги, сформировавшиеся в обстановках растяжения; 3 – очаги сдвигового типа (обстановки субширотного сжатия–субмеридионального растяжения). Цифры – номера очагов сжатия (черные) и растяжения (красные) в каталоге (по [8]); стрелки – направления сжатия (черные) и растяжения (красные).

Отметим, что аналогичная №40 кинематическая обстановка (рис. 2) идентифицирована и в очаге землетрясения №43 (13.05.2016). А вот последующее событие – №50 (09.09.2018) в пределах Южнобережной зоны отражает инверсию 2-го вида, поскольку направление растяжения в очаге изменилось приблизительно на

³ Чтобы облегчить восприятие материала, здесь и далее приводятся номера очагов и в скобках — дата землетрясения (из регионального каталога механизмов очагов землетрясений Крымско-Черноморского региона [8]).

ИНВЕРСИИ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КРЫМСКО- ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

110°, то есть стало почти перпендикулярным по отношению к предыдущему.

Сопоставление значений параметров фокальных механизмов второй пары землетрясений – №35 (30.01.2012) и №36 (10.12.2012), произошедших в Туапсинско-Анапской зоне, также отражает наличие инверсии 1-го вида: обстановка субмеридионального сжатия в течение нескольких месяцев (менее одного года) сменилась растяжением, действующим приблизительно в том же направлении. Первый из этих фокальных механизмов (рис. 1 в) характеризуется взбросовым деформационным режимом, обусловленным воздействием первичного поля напряжений, тогда как в условиях растяжения процесс разрывообразования реализовался в трансформированном поле, вследствие чего был сформирован очаг сбросо-сдвигового типа (рис. 1 г).

Эту последовательность инверсионных преобразований в той или иной мере могут продолжить последующие события, произошедшие в этом же районе (рис. 2). Так, к моменту возникновения землетрясений сбросового типа №37 (01.05.2013, то есть через полгода после №36, 10.12.2012) и №42 (16.08.2015) в результате инверсии 2-го вида обстановки растяжения изменили направление с субмеридионального на субширотное. Спустя еще два года в очаге №47 (22.07.2017) доминировало меридиональное сжатие, которое к моменту следующего события сменилось субмеридиональным растяжением, реализованном в фокальном механизме №48 (31.01.2018) сбросо-сдвигового типа. Таким образом, временной интервал между событиями, характеризующими близкие кинематические обстановки (с одной стороны, субмеридиональное сжатие в очагах №№35, 47, с другой – растяжение в том же направлении №№36, 48), составляет 5–6 лет. При этом инверсии кинематических обстановок сейсмогенеза проявляются как в первичных, так и во вторичных, трансформированных полях напряжений.

2. В результате *инверсии кинематических обстановок 2-го вида* в очагах землетрясений, произошедших последовательно в течение коротких временных интервалов, происходит разворот тензора напряжений поля таким образом, что направление сжатия меняется на перпендикулярное по отношению к его первоначальному положению. Это иллюстрируют фокальные механизмы землетрясений взбросового и взбросо-сдвигового типов №№2, 3, 10 в пределах Туапсинско-Анапской зоны и №№20, 22, 23 – в Южнобережной зоне (рис. 2).

В первом случае полный период инверсионных преобразований охватывает почти 12 лет – с момента землетрясения №2 (12.06.1966) с $M_w=5.8$ (рис. 1 д) до события №10 (03.09.1978) также с $M_w=5.8$ (рис. 1 е). Оба очага характеризуются взбросовым деформационным режимом, но первый из них формировался в обстановке юго-восточного–северо-западного сжатия (ориентировка оси $P=325^\circ$), тогда как возникновение второго было обусловлено воздействием сжимающих напряжений юго-западного–северо-восточного направления ($P=236^\circ$), то есть, почти под прямым углом (89°) к первоначальному положению тензора напряжений. Период между этими событиями характеризуется существенными изменениями напряжённо-деформированного состояния земной коры (рис. 2). Так, в течение первых 6-ти лет (с августа 1966 г. по август 1972 г.) отмечается относительно слабая трансформация тензора напряжений (при неизменной ориентировке оси сжатия, равной 325°),

которая предопределила взбросо-сдвиговый тип фокального механизма землетрясения №3 (22.07.1972). В последующие полгода кинематическая ситуация претерпела кардинальные изменения, вследствие которых обстановка юго-восточного–северо-западного сжатия сменилась субмеридиональным растяжением, обусловившим формирование очага взбросо-сбросового типа №5 (20.02.1973). И только после этого перестройка структурного плана завершилась реализацией землетрясения №10 (03.09.1978), фокальный механизм которого отражает окончание инверсионного цикла преобразований кинематических обстановок. Следует отметить, что магнитуды землетрясений №2 (12.06.1966) и №10 (03.09.1978), знаменующих начало и окончание данного цикла и сформировавшихся под воздействием первичных полей напряжений, существенно выше ($M_w=5.8$), чем магнитуды землетрясений №3 (22.07.1972) и №5 (20.02.1973), обусловленных трансформированными системами напряжений ($M_w=4.5$).

Вполне явственно инверсия кинематических обстановок 2-го вида проявилась и в фокальных механизмах землетрясений №№20, 22 и 23 Южнобережной зоны, произошедших последовательно друг за другом в течение относительно короткого (менее 3-х лет) временного интервала (рис. 2). В данном случае кинематическая обстановка юго-западного–северо-восточного сжатия в очаге №20 (22.11.1996), где ориентировка оси составляет $P=61^\circ$ (рис. 1 ж), в конечном итоге, в очагах №22 (22.11.1996) и 23 (02.06.1999) сменилась сжатием в юго-восточном–северо-западном направлении (рис. 1 д), отражая разворот тензора напряжений на $63^\circ-68^\circ$. Тот факт, что инверсия здесь выражена не в полной мере (направления сжатия этих обстановок не являются строго перпендикулярными по отношению друг к другу) обусловлен тем обстоятельством, что все рассматриваемые очаги, во-первых, формировались в трансформированных полях напряжений, и, во-вторых, имеют относительно низкие магнитуды ($M_w=3.2\div 4.9$).

Хронологическая последовательность изменения обстановок сейсмогенеза здесь определяется следующим образом: основная инверсия поля напряжений произошла в течение первых 2-х лет – в период между землетрясениями №20 (22.11.1996) и №22 (18.10.1998), поскольку именно тогда юго-западное–северо-восточное сжатие сменилось юго-восточным–северо-западным (рис. 2). Процесс довершает событие №23 (02.06.1999), параметры очага которого указывают на дальнейший разворот тензора напряжений как по отношению к сторонам света, так и относительно оси P .

Столь подробное описание кратковременных инверсионных изменений кинематических обстановок сейсмогенеза обусловлено тем обстоятельством, что данный аспект до сих пор практически не получил отражения в научной литературе с указанием конкретных примеров и их детальным анализом, основанном на прямых признаках этих изменений, каковыми являются фокальные механизмы землетрясений.

Таким образом, приведенная хронограмма ориентировок напряжений в очагах землетрясений Южнобережной и Туапсинско-Анапской зон (рис. 2) отражает многообразие и быструю сменяемость кинематических обстановок регионального сейсмогенеза, свидетельствуя о гетерогенном характере и сложном строении этих зон, что не позволяет обосновать их принадлежность к какому-либо одному типу

ИНВЕРСИИ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КРЫМСКО- ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

сейсмогенеза. Хронограмма также указывает на несостоятельность геодинамического сценария [10, 11, 12, 13, 14 и др.], согласно которому основным фактором современного развития региона являются процессы поддвига Восточно-Черноморской плиты под Крымский полуостров и под сооружения Большого Кавказа. Более того, из хронограммы следует, что в течение последнего времени в регионе доминировали обстановки не сжатия, а разнонаправленного растяжения, наиболее значимым проявлением которых является катастрофическое Крымское землетрясение 11 сентября 1927 года.

2. СИСТЕМНЫЙ ХАРАКТЕР СЕЙСМОГЕННОГО РАЗРЫВООБРАЗОВАНИЯ

Наиболее концентрированным отражением инверсий кинематических обстановок являются квазимодели регионального сейсмогенеза [8], характеризующие особенности сжимающих и растягивающих напряжений, попеременно действующих в одном направлении. Алгоритм данного анализа предполагает попарное совмещение на стереограммах и на разрезах (ориентированных вдоль направления действия осей сжатия и растяжения, то есть перпендикулярно к промежуточной оси N), элементов квазимodelей взбросового и сбросового типов – проекций осей P и T , проекций нодальных плоскостей, аппроксимирующих противоположные обстановки (рис. 3).

Основные результаты этого анализа сводятся к следующему:

1. На стереограммах, где совмещены квазимодели взбросового и сбросового типов для противоположных обстановок, нодальные плоскости (идентифицируемые, соответственно, как взбросы или надвиги и сбросы) имеют близкие значения параметров, а проекции осей P и T , обусловивших условия сжатия или растяжения, меняются местами, располагаясь вблизи внешнего круга стереограмм (рис. 3 *а, в, д, ж*).

2. На разрезах проекции нодальных плоскостей, в структурно-кинематическом отношении являющихся антиподами (взбросами или надвигами, сформировавшимися в обстановках сжатия, и сбросами, обусловленными условиями растяжения), также весьма близки: разница в углах падения разрывов, имеющих наклон в одном направлении, составляет от $1-3^\circ$ до $12-14^\circ$ (рис. 3 *б, з, э*). Исключение составляет разрез, на котором сопоставляются параметры квазимodelей северозападного–юго-восточного сжатия и растяжения, где угловая величина этих секторов увеличивается до $16-18^\circ$ (рис. 3 *е*). При этом разница между биссектрисами секторов попарного размещения проекций осей P и T или нодальных плоскостей варьирует в пределах (45 ± 3) , лишь в одном случае (рис. 3 *з*) увеличиваясь до $(45\pm 10)^\circ$. Следует отметить, что на представленных разрезах положение нодальных плоскостей не является перпендикулярным к плоскости разреза, вследствие чего углы наклона их проекций на разрезах отличаются от истинных в меньшую сторону; однако эта разница не превышает 5%.

3. Процессы регионального сейсмогенеза, в основном, обусловлены доминирующим влиянием тангенциальных полей главных напряжений, на что указывают незначительные углы наклона осей P и T в квазимodelях сжатия и растяжения. Вследствие этого, в условиях инверсионных обстановок теоретически

наиболее предпочтительными для возникновения сейсмогенных разрывов взбросового и сбросового типов являются одни и те же сегменты (сектора) разрезов в земной коре, имеющие наклоны под углами (45 ± 10) к горизонтальной поверхности и отвечающие положению плоскостей максимальных касательных напряжений.

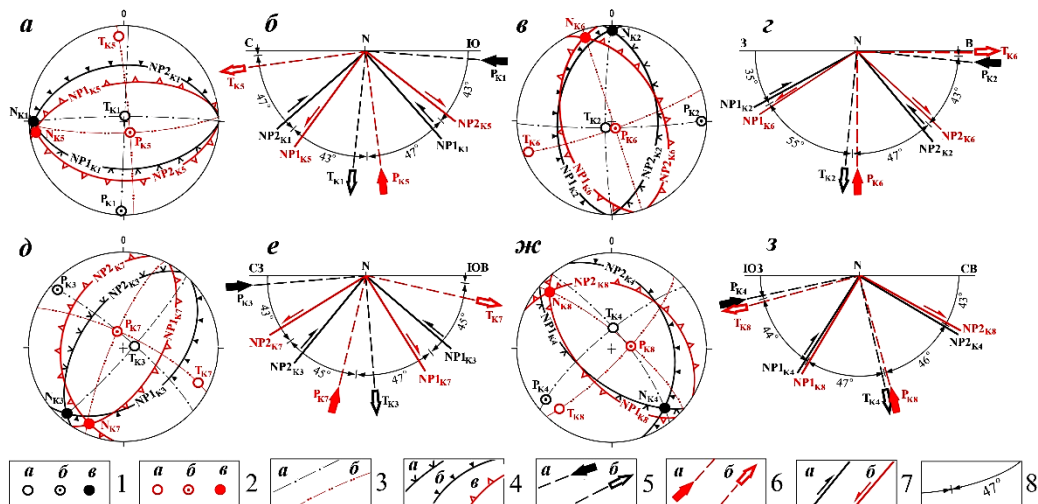


Рис. 3. Соотношение (на стереограммах и разрезах) проекций осей главных напряжений и нодальных плоскостей в квазимоделях сейсмогенеза взбросового и сбросового типов, отражающих обстановки сжатия и растяжения в направлениях: *a*, *б* — субмеридиональном; *в*, *з* — субширотном; *д*, *е* — юго-восточном–северо-западном; *ж*, *з* — юго-западном–северо-восточном. Условные обозначения. На стереограммах: 1 — проекции осей главных напряжений в квазимоделях обстановок сжатия (*a* — ось *P*, *б* — ось *T*, *в* — ось *N*); 2 — то же самое — в квазимоделях обстановок растяжения; 3 — проекции плоскостей размещения осей главных напряжений (*a* — в квазимоделях сжатия, *б* — в квазимоделях растяжения); 4 — проекции нодальных плоскостей и их структурно-кинематическая характеристика: взбросы (*a*), надвиги (*б*), сбросы (*в*). На разрезах: 5 — проекции осей напряжений в квазимоделях сжатия (*a* — ось *P*, *б* — ось *T*); 6 — то же самое — в квазимоделях растяжения (*a* — ось *P*, *б* — ось *T*); 7 — проекции нодальных плоскостей и их структурно-кинематическая характеристика: взбросы, надвиги (*a*), сбросы (*б*), стрелки указывают направления перемещения; 8 — величина угла между серединами секторов, образуемых сближенными проекциями осей напряжений и нодальных плоскостей.

Данное обстоятельство предопределяет основные особенности деформирования геологической среды в условиях горизонтального сжатия и растяжения, попеременно действующих в одном направлении: в обоих случаях образуются (активизируются) преимущественно плоскости одних и тех же систем разрывов, при этом в обстановках

ИНВЕРСИИ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КРЫМСКО- ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

сжатия они проявляются в виде взбросов и надвигов, при наличии растяжения – как сбросовые нарушения (рис. 3). Реальная же картина разрывообразования в очагах землетрясений может выглядеть несколько сложнее. В работах [8, 9, 15] отмечено, что согласно теории прочности Ш. Кулона–А. Навье–О. Мора, образование сколовых разрывов зачастую происходит под углом, не равным 45° к направлению действия осей нормальных напряжений, а с отклонением их в сторону оси максимального сжатия. В результате сейсмогенные разрывы, обусловленные обстановками растяжения (сбросы), могут иметь более крутые падения (под углами $\geq 45^\circ$ к земной поверхности), в то время как разрывы, образующиеся в обстановках сжатия, будут представлены преимущественно надвигами с углами падения $\leq 45^\circ$.

ВЫВОДЫ

Инверсии полей напряжений, как одно из проявлений геодинамической неустойчивости сейсмоактивных регионов, находят отражение в решениях механизмов очагов землетрясений. Последние вполне адекватно характеризуют кинематические обстановки, существовавшие в момент возникновения того или иного сейсмического события, что позволяет отнести их к прямым критериям при идентификации обстановок, обусловивших процессы сейсмогенеза. В пределах основных сейсмогенных зон Крымско-Черноморского региона — Южнобережной и Туапсинско-Анапской, по соотношениям параметров фокальных механизмов землетрясений, сформировавшихся в течение коротких временных интервалов в противоположных кинематических обстановках, обосновано два вида инверсий. Первый из них отражает процесс изменения кинематической обстановки на противоположную, например, когда сжатие сменяется растяжением в том же направлении с заменой взбросового деформационного режима сбросовым (и наоборот). Во втором случае происходит изменение ориентировки тензора напряжений таким образом, что ось главных напряжений, определяющая тип кинематической обстановки (например, сжатия), меняет свое направление на перпендикулярное к ее первоначальному положению. При этом инверсии полей напряжений в пределах Южнобережной и Туапсинско-Анапской сейсмогенных зон происходят не синхронно, различаются длительностью инверсионных циклов, что свидетельствует о локальном характере влияния геодинамических факторов, обусловивших эти процессы.

Инверсионный характер полей напряжений предопределил закономерности сейсмогенного разрывообразования в регионе, установленные по соотношению параметров квазимоделей сейсмогенеза, аппроксимирующих противоположные кинематические обстановки. В условиях воздействия инверсионных первичных полей напряжений теоретически наиболее предпочтительными для возникновения сейсмогенных разрывов являются одни и те же сегменты (сектора) земной коры, соответствующие направлениям действия максимальных касательных напряжений. При этом в обстановках сжатия сейсмогенные разрывы реализуются в виде взбросов и надвигов, при наличии растяжения — как сбросовые нарушения. Однако с учетом наличия внутреннего трения в горном массиве, реальная картина разрывообразования в очагах может оказаться более сложной: разрывы,

формирование которых обусловлено обстановками растяжения (сбросы), могут иметь более крутые углы падения, в то время как часть разрывов, образующиеся в обстановках сжатия, будет представлена относительно пологими надвигами.

Многообразие кинематических обстановок, идентифицированных в очагах Южнобережной и Туапсинско-Анапской зон, отражает гетерогенный характер этих зон, не позволяя обосновать их принадлежность к какому-либо одному типу сейсмогенеза. При этом обстановки сжатия не играли той доминирующей роли, которая им отводится в представлениях о перманентном поддвиге Восточно-Черноморской плиты под Крымский полуостров и сооружения Большого Кавказа. Более того, в регионе многократно проявлялись кинематические обстановки разнонаправленного растяжения, землетрясения которых ни в количественном, ни в энергетическом отношении не уступают таковым, обусловленным обстановками сжатия.

Список литературы

1. Гущенко О. И. Реконструкция поля мегарегиональных тектонических напряжений сейсмоактивных областей Евразии. Поля напряжений и деформаций в литосфере. М.: Наука, 1979. С. 26–51.
2. Юнга С. Л. Сейсмоструктурные деформации и напряжения в складчатых поясах неотектонической активизации Северной Евразии // Физика Земли. 1996. № 12. С. 37–58.
3. Широкова Е. И. Общие закономерности в ориентации главных напряжений в очагах землетрясений Средиземноморско-Азиатского сейсмического пояса // Физика Земли. 1967. № 16. С. 22–36.
4. Степаненко Н. Я., Симонова Н. А., Карданец В. Ю. Пространственные вариации осей главных напряжений в очагах землетрясений области Вранча. Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 г. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2013. С. 46–56.
5. Шебалин Н. В., Ибрагимов Р. Н., Чернов Ю. К. и др. Газлийские землетрясения 1976 и 1984 гг. /Ред. В. И. Уломов, И. В. Шебалин, С. С. Арефьев, Г. Ю. Азимов, Р. П. Федина. Ташкент: Фан, 1986. 368 с.
6. Пустовитенко Б. Г., Пустовитенко А. А., Капитанова С. А. Процессы в очаговой зоне Криворожского землетрясения 25 декабря 2007 г. Сейсмологический бюллетень Украины за 2007 год. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2009. С. 17–22.
7. Пустовитенко Б. Г., Пустовитенко А. А., Мерзей Е. А. Процессы в очаговой зоне Криворожского-III землетрясения 23 июня 2013 г. (Украина). Сейсмологический бюллетень Украины за 2013 г. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2014. С. 54–60.
8. Вольфман Ю. М., Пустовитенко Б. Г., Колесникова Е. Я. Новые результаты тектонофизического анализа фокальных механизмов землетрясений Крымско-Черноморского региона // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8(74). №4. С. 162–206.
9. Вольфман Ю. М. Структурно-кинематическая идентификация сейсмогенных зон системы Загроса (по данным решений механизмов очагов землетрясений) // Геофизический журнал. 2013. Т. 35, №2. С. 38–64.
10. Борисенко Л. С., Плахотный Л. Г. Геодинамика Крымско-Черноморского региона как следствие многоуровневого тектогенеза. Геодинамика Крымско-Черноморского региона. Симферополь: Институт геофизики НАНУ, Крымский экспертный совет. 1997. С. 54–64.
11. Казанцев Ю. В. Тектоника Крыма. М.: Наука. 1982. 112 с.
12. Юдин В. В. Геодинамика Крыма. Симферополь: Национальная академия природоохранного и курортного строительства, ДИАЙПИ, 2011. 336 с.
13. Юдин В. В., Герасимов М. Е. Геодинамическая модель Крымско-Черноморского и прилегающих регионов. Геодинамика Крымско-Черноморского региона. Симферополь: Ин-т геофизики НАНУ, Крымский экспертный совет. 1997. С. 16–23.

ИНВЕРСИИ СЕЙСМОГЕНЕРИРУЮЩИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ
КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ КРЫМСКО-
ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА

14. Дискуссия по концептуальным вопросам геодинамики Крымско-Черноморского района Геодинамика Крымско-Черноморского региона. Симферополь: Ин-т геофизики НАНУ, Крымский экспертный совет. 1997. С. 135–148.
15. Гинтов О. Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: «Феникс», 2005. 572 с.

**INVERSIONS OF SEISMOGENERATING STRESS FIELDS AS A
MANIFESTATION OF GEODYNAMIC INSTABILITY
OF THE CRIMEAN-BLACK SEA REGION**

Volfman Yu. M., Kolesnikova E. Ya.

*Institute of seismology and geodynamics, V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Simferopol, Russian Federation
E-mail: seism.volf@gmail.com*

The analysis of changes in time of kinematic conditions in earthquake foci of the South-Coast and Tuapse-Anapa seismogenic zones of the Crimean-Black Sea region is carried out. Short-term inversion changes of kinematic conditions of two types of seismogenesis are shown using examples of individual foci and groups of earthquakes. In the first case, compression is replaced by stretching in the same direction (and vice versa). In the second case, one of the axes of the main stresses, which determines the type of kinematic situation (for example, compression), changes its direction to perpendicular to its original position. The spatial and kinematic parameters of seismic discontinuities, as well as the general patterns of their formation under the influence of inversion stress fields, are established.

Key words: inversions of stress fields, seismogenesis, axes of main stresses, focal mechanisms of earthquakes, kinematic situations.

References

1. Gushchenko O. I. Rekonstrukciya polya megaregional'nyh tektonicheskikh napryazhenij sejsmoaktivnykh oblastej Evrazii. Polya napryazhenij i deformacij v litosfere (Reconstruction of the field of megaregional tectonic stresses in seismically active regions of Eurasia. Stress and strain fields in the lithosphere). Moscow: Nauka, 1979, pp. 26–51 (in Russian).
2. Yunga S. L. Sejsmotektonicheskie deformacii i napryazheniya v skladchatykh poyasah neotektonicheskoy aktivizacii Severnoj Evrazii (Seismotectonic deformations and stresses in folded belts of neotectonic activation in Northern Eurasia). Fizika Zemli. 1996, no. 12, pp. 37–58 (in Russian).
3. Shirokova E. I. Obshchie zakonomernosti v orientacii glavnykh napryazhenij v ochagah zemletryasenij Sredizemnomorsko-Aziatskogo sejsmicheskogo poyasa (General Regularities in the Orientation of Principal Stresses in Earthquake Foci in the Mediterranean-Asian Seismic Belt). Fizika Zemli. 1967, no. 16, pp. 22–36 (in Russian).
4. Stepanenko N. YA., Simonova N. A., Kardanec V. YU. Prostranstvennye variacii osey glavnykh napryazhenij v ochagah zemletryasenij oblasti Vrancha. Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2012 g. (Spatial variations of the principal stress axes in earthquake sources in the Vrancea region. Seismological Bulletin of Ukraine for 2012) Sevastopol': NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2013, pp. 46–56 (in Russian).
5. Shebalin N. V., Ibragimov R. N., Chernov YU. K. i dr. Gazlijskie zemletryaseniya 1976 i 1984 gg. /Red. V. I. Ulomov, I. V. Shebalin, S. S. Aref'ev, G. Yu. Azimov, R. P. Fedina (Ghazli earthquakes of 1976 and

- 1984 /Ed. V. I. Ulomov, I. V. Shebalin, S. S. Arefiev, G. Yu. Azimov, R. P. Fedina). Tashkent: Fan, 1986, pp. 368 (in Russian).
6. Pustovitenko B. G., Pustovitenko A. A., Kapitanova S. A. Processy v ochagovoj zone Krivorozhskogo zemletryaseniya 25 dekabrya 2007 g. Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2007 god (Processes in the source zone of the Krivoy Rog earthquake on December 25, 2007. Seismological Bulletin of Ukraine for 2007). Sevastopol': NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2009, pp. 17–22 (in Russian).
 7. Pustovitenko B. G., Pustovitenko A. A., Merzhej E. A. Processy v ochagovoj zone Krivorozhskogo-III zemletryaseniya 23 iyunya 2013 g. (Ukraina). Sejsmologicheskij byulleten' Ukrainy za 2013 g. (Processes in the source zone of the Krivoy Rog-III earthquake on June 23, 2013 (Ukraine). Seismological Bulletin of Ukraine for 2013). Sevastopol': NPC «EKOSI-Gidrofizika», 2014, pp. 54–60 (in Russian).
 8. Vol'fman Yu. M., Pustovitenko B. G., Kolesnikova E. YA. Novye rezul'taty tektonofizicheskogo analiza fokal'nyh mekhanizmov zemletryasenij Krymsko-CHernomorskogo regiona (New results of tectonophysical analysis of focal mechanisms of earthquakes in the Crimean-Black Sea region). Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2022, Vol. 8(74), no. 4, pp. 162–206 (in Russian).
 9. Vol'fman Yu. M. Strukturno-kinematicheskaya identifikaciya sejsmogennyh zon sistemy Zagrosa (po dannym reshenij mekhanizmov ochagov zemletryasenij) (Structural-kinematic identification of seismogenic zones of the Zagros system (according to the solutions of earthquake source mechanisms)) Geofizicheskij zhurnal. 2013, V. 35, no. 2, pp. 38–64 (in Russian).
 10. Borisenko L. S., Plahotnyj L. G. Geodinamika Krymsko-CHernomorskogo regiona kak sledstvie mnogourovnenogo tektogeneza. Geodinamika Krymsko-CHernomorskogo regiona (Geodynamics of the Crimean-Black Sea region as a result of multilevel tectogenesis. Geodynamics of the Crimean-Black Sea region). Simferopol': Institut geofiziki NANU, Krymskij ekspertnyj sovet. 1997, pp. 54–64 (in Russian).
 11. Kazancev Yu. V. Tektonika Kryma (Tectonics of Crimea). Moscow: Nauka, 1982, 112 p. (in Russian).
 12. Yudin V. V. Geodinamika Kryma (Geodynamics of Crimea). Simferopol': Nacional'naya akademiya prirodohrannogo i kurortnogo stroitel'stva, DIAJPI, 2011, 336 p.
 13. Yudin V. V., Gerasimov M. E. Geodinamicheskaya model' Krymsko-CHernomorskogo i prilegayushchih regionov. Geodinamika Krymsko-CHernomorskogo regiona (Geodynamic model of the Crimean-Black Sea and adjacent regions. Geodynamics of the Crimean-Black Sea region). Simferopol': Institut geofiziki NANU, Krymskij ekspertnyj sovet. 1997, pp. 16–23 (in Russian).
 14. Diskussiya po konceptual'nym voprosam geodinamiki Krymsko-CHernomorskogo rajona Geodinamika Krymsko-CHernomorskogo regiona (Discussion on conceptual issues of geodynamics of the Crimean-Black Sea region Geodynamics of the Crimean-Black Sea region). Simferopol': Institut geofiziki NANU, Krymskij ekspertnyj sovet. 1997, pp. 135–148 (in Russian).
 15. Gintov O. B. Poleyvaya tektonofizika i ee primenenie pri izuchenii deformacij zemnoj kory Ukrainy (Field tectonophysics and its application in the study of deformations of the earth's crust of Ukraine). Kiev: «Feniks», 2005, 572 p. (in Russian).

Поступила в редакцию 12.09.2022 г.

РАЗДЕЛ 2.
ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И
СТРАТИГРАФИЯ

УДК 552.331.1 (470.621)

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ
РУФАБГИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ГОРНОЙ АДЫГЕИ

Рубан Д. А.¹, Зорина С. О.², Никашин К. И.³, Таххан Ф.⁴

¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый казачий университет), Москва, Российская Федерация

^{2,3,4} Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Российская Федерация

E-mail: ¹ruban-d@mail.ru, ²svzorina@yandex.ru, ³kostya97@inbox.ru, ⁴fatmeh.m.tahhan@gmail.com

В статье представлена петрографическая и петрохимическая характеристика пород, слагающих Руфабгинский кристаллический массив. Для их состава характерно высокое содержание зерен микроклина и кварца, а для их текстуры — признаки порфирированности и ориентированности. Эти породы идентифицированы как аляскиты, которые отличаются большей щелочностью, а также текстурно-структурными особенностями от аляскитов Даховского кристаллического массива. При этом состав породы без учета порфирированных вкрапленников соответствует монцититу. Полученные данные делают нецелесообразным отнесение аляскитов Руфабгинского массива к одной из фаз позднепалеозойского магматизма в Горной Адыгее. Они могут быть выделены в качестве самостоятельной литодемы — руфабгинского аляскита.

Ключевые слова: аляскит, Большой Кавказ, литодемы, малкинский комплекс, петрохимия.

ВВЕДЕНИЕ

Альпийский тектонический пояс Юга России интересен не только мезозойско–кайнозойскими осадочными и магматическими формациями, а также складчатыми и дизъюнктивными структурами, но и более древними (докембрийскими и палеозойскими) кристаллическими комплексами. Последние наследуют террейнам, перемещавшимся в постоянно изменявшемся пространстве между Гондваной и северными блоками, включая Балтику [1, 2, 3, 4, 5]. Отдельные выходы этих комплексов представляют собой кристаллические массивы с различной конфигурацией и размерами. Во многих случаях они соответствуют тектонически приподнятым блокам.

В пределах Западного Кавказа известно большое количество кристаллических массивов, основу многих из которых составляют позднепалеозойские гранитоидные интрузивы [6]. Наиболее характерной их группой является малкинский гранит-лейкогранитовый плутонический комплекс [7]. Соответствующие породы известны также как «северные» и «красные» граниты, однако эти названия являются скорее историческими. Хотя они изучались на протяжении длительного времени [7, 8, 9, 10], многие связанные с ними вопросы остаются неясными, а ранее полученные результаты требуют пересмотра в связи с появлением новой информации, изменениями в номенклатуре магматических пород, трансформациями основы региональных

геологических интерпретаций. Характерный пример можно обнаружить в Горной Адыгее, где на сравнительно небольшой территории установлено, как минимум, три выхода кристаллических комплексов на поверхность. Их изучение ведется почти столетие, и уже в работе Е. С. Дьяконовой-Савельевой [11] соответствующие магматические породы охарактеризованы достаточно полно. Однако несмотря на продолжение исследований в последующие годы (например, стоит отметить труды Г. Д. Афанасьева [8, 9]), проведение работ по региональному геологическому картографированию, а также реализацию в Горной Адыгее учебной практики студентов-геологов нескольких крупных отечественных вузов в течение многих десятилетий, состав, строение, происхождение, возраст, тектоническое положение и даже взаимоотношение этих трех выходов остаются неясными, при этом не только в деталях, но и в общем. Остается непонятным, идет ли речь об одном, двух или трех кристаллических массивах. Посвященные им работы и используемые карты/схемы часто противоречат друг другу настолько, что при их сопоставлении создается впечатление их отнесения к разным территориям, хотя в действительности в них рассматриваются одни и те же объекты. Это тем более странно с учетом весьма удовлетворительной обнаженности и довольно хорошей доступности магматических комплексов. Развитие туристической инфраструктуры в последние годы обеспечило исключительно комфортные условия для их изучения. Заметный прогресс наметился благодаря исследованиям воронежских геологов [12], однако они охватили только одно, наиболее крупное поле выходов (Даховский кристаллический массив), тогда как два других еще ждут изучения с той же степенью детальности.

В ходе полевых исследований в Горной Адыгее летом 2021 г. удалось опробовать гранитоиды Руфабгинского кристаллического массива — наименьшего по размеру и наименее изученного поля выхода кристаллических пород. Далее было предпринято их лабораторное изучение с использованием новейшего оборудования. Полученные результаты обобщаются в настоящей работе, которая призвана дополнить представления о позднепалеозойских магматических породах Горной Адыгеи, условно относимых к малкинскому комплексу.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ИЗУЧЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Горная Адыгея соответствует горной части Республики Адыгеи и прилегающим с запада участкам Краснодарского края, для которых характерны физико-географическое своеобразие [13] и исключительная концентрация уникальных геологических феноменов [14]. Географически она относится к «стыку» Северо-Западного и Западного Кавказа, при этом охватывая северный склон горного сооружения. В тектоническом отношении изученная территория соответствует северной периферии альпийского орогена Большого Кавказа, наследующей крупные структурные элементы мезозойско-кайнозойской активной окраины Нео-Тетиса [15, 16].

В пределах Горной Адыгеи наибольшим распространением пользуются мезозойские осадочные комплексы (рис. 1). Среди них преобладают мощные (до 10 км) юрские отложения: интенсивно дислоцированные песчано-глинистые толщи нижней–средней юры, перекрываемые относительно полого залегающими

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ РУФАБГИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ГОРНОЙ АДЫГЕИ

карбонатными и эвапоритовыми толщами верхней юры. Локально встречаются отложения смешанного состава триасового и раннемелового возрастов. На южной половине территории в отдельном крупном блоке выходит на поверхность нижнепермская красноцветная моласса мощностью до 2 км. На изученной территории известны три поля выходов кристаллических пород, которые условно могут быть описаны как массивы (условность связана с тем, что имеющаяся информация не позволяет уверенно судить об их пространственно-генетических взаимоотношениях). Их характеристика дается, в частности, в работах Г. Д. Афанасьева [8, 9], Е. С. Дьяконовой-Савельевой [11], В. М. Ненахова и др. [12], Ю. В. Попова [17], Н. М. Поповой и А. Г. Грановского [18], Д. А. Рубана [19]. Большею частью они фокусируются на наиболее крупном Даховском массиве. Возраст гранитоидов довольно точно установлен как позднепалеозойский (вероятнее всего, позднекаменноугольный), при этом массивы имеют четкие тектонические контакты и связаны с горстовыми структурами. Отметим также, что данные породы выходили на поверхность в раннеюрскую эпоху (и возможно, в пермском периоде), когда они активно размывались как реками (линейная эрозия), так и прибрежно-волновой деятельностью (абразия). На основании информации из вышеуказанных источников, а также собственных геологических наблюдений данные массивы могут быть охарактеризованы следующим образом.



Рис. 1. Геологическая схема изученной территории и расположение рассматриваемых кристаллических массивов.

Наиболее крупным является Даховский кристаллический массив, имеющий в плане форму клина (рис. 1). Он ограничен крупными разломами и окружен полями распространения юрских пород. При этом, как минимум, на одном участке

установлено трансгрессивное перекрытие последними кристаллических пород с горизонтом базальных конгломератов. На северной периферии массива представлены докембрийские метаморфические породы, а также ранее- или среднепалеозойские серпентиниты. Однако основная масса складывается гранитоидами. Среди них выделяются гранитоиды (в том числе гранодиориты) 1-й фазы и граниты (в том числе лейко- и пегматоидные граниты) 2-й фазы. Последние являются более кислыми и щелочными по составу. В. М. Ненахов и др. [12] убедительно аргументировали принадлежность данного массива к самостоятельному даховскому комплексу, который не должен смешиваться с малкинским плутоническим комплексом [7]. Значительно меньше по размерам расположенный восточнее Сахрайский (Шибабинский) массив (рис. 1). В его составе преобладают гранитоиды (вероятно, сходные с гранитоидами 1-й фазы ранее рассмотренного массива), а на периферии встречаются докембрийские метаморфические породы. Данный массив представлен в одном блоке с триасовыми осадочными породами. Наконец, на севере изученной территории имеется совсем небольшое и плохо изученное поле выходов гранитоидов, выделяемое в качестве Руфабгинского кристаллического массива (рис. 1). После оборудования для туристов каньона с известными водопадами на р. Сырыф доступность данного объекта выросла, а расчистка склонов для укрепления тропы и установки лестничных переходов улучшила обнаженность. Гранитоиды выходят на поверхность на участке протяженностью в первые десятки метров чуть выше русла реки. Они приурочены к блоку, слагаемому триасовыми осадочными комплексами, однако контактов с последними не прослежено. Ранее для этих магматических пород были установлены признаки катаклаза [18], что неудивительно с учетом их приуроченности к тектонически активной зоне.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе полевых исследований были намечены две точки опробования. Первая из них соответствует центральной части выхода Руфабгинского кристаллического массива в левом борту долины р. Сырыф (рис. 2а). Последняя представляет собой глубокий узкий каньон, являющийся левой ветвью более крупного Хаджохского каньона. Визуальное обследование данного выхода позволило наметить некоторые, наиболее характерные особенности породы, предварительно определенной как лейкогранит с большим количеством крупных зерен микроклина, напоминающих порфиновые крапленники (рис. 2б) (это созвучно интерпретациям [18]). В этой связи возник интерес к сопоставлению с гранитами 2-й фазы, среди которых известны лейкократовые разности [12]. Вторая точка опробования соответствует выходу таких гранитов на южном фланге Даховского кристаллического массива в правом борту долины р. Белой (ниже автомобильного моста). Стоит отметить, что облик этих пород все же несколько отличается от тех, что опробованы в первой точке (отличия связаны с отсутствием порфировидности, но при этом отчетливо выраженной пегматоидностью — рис. 2в). В обеих точках опробования было дано предварительное описание пород. Стоит отметить, что для гранитоидов Руфабгинского кристаллического массива характерна значительная выветрелость. Хотя для исследований был отобран максимально "свежий" образец из массива, степень

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ РУФАБГИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ГОРНОЙ АДЫГЕИ

выветрелости в нем все равно заметная. Во второй точке опробования подобных затруднений не возникло.

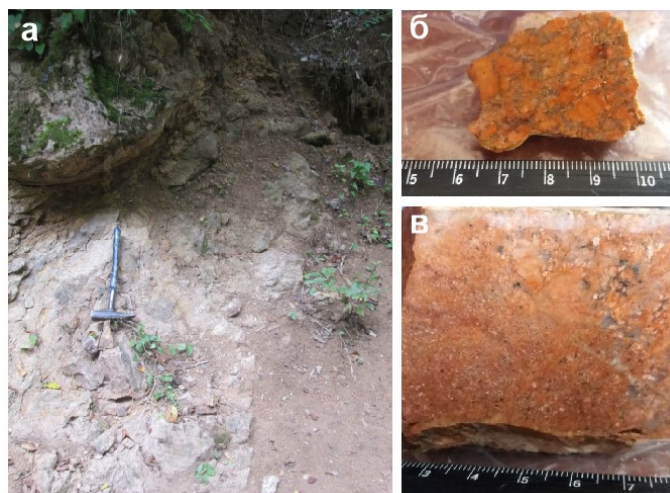


Рис. 2. Выходы (а) и общий вид аляскитов (б) Руфабгинского кристаллического массива; для сравнения показаны аляскиты Даховского кристаллического массива (в).

Аналитические исследования образцов были выполнены в лабораториях Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета. Петрографическое изучение шлифов проводилось с применением поляризационного оптического микроскопа CarlZeissAxioLab (петрограф А.И. Галиакберов). При последующей интерпретации этих результатов полезными оказались современные иллюстрированные пособия [20, 21, 22, 23]. Определение макро- и микроэлементного состава образцов проводилось рентгенофлуоресцентным и масс-спектрометрическим с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) методами соответственно. Для определения концентраций макроэлементов использовался волнодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр S8 Tiger (Bruker, Германия), позволяющий определять элементный состав твердых, порошкообразных и жидких образцов в диапазоне от В до U в вакууме или атмосфере гелия. Определение микроэлементного состава образцов производилось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS) на квадрупольном масс-спектрометре iCAPQc (ThermoFisherScientific). Возможности прибора позволяют регистрировать концентрации элементов в диапазоне от Li до U в сверхмалых навесках с точностью до триллионных и триллиардных долей.

Предпочитаемая номенклатура пород следует классификациям плутонических пород в отечественном петрографическом кодексе [24]. Для петрохимических интерпретаций использовалась "стандартная" диаграмма $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2 - \text{CaO}$, как и при предшествующем изучении гранитоидов Даховского кристаллического массива [12]. Стоит добавить, что петрохимический анализ не в полной мере оправдал ожидания (см. ниже), однако соответствующие результаты все равно имеет смысл

представить в методических целях, а также для обсуждения специфики изученных пород.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гранитоиды Руфабгинского кристаллического массива представляют собой породу серовато-розового цвета, в которой доминируют крупные (до 1 см) зерна микроклина, облекаемые более мелкозернистой массой, в которой преобладает кварц. Текстура массивная, однако зерна микроклина выглядят как порфировые вкрапленники (рис. 2б). Также создается впечатление некоторой ориентации текстуры, что уже отмечалось ранее в гранитоидах данной территории [18]. Подобного рода особенности отражают механизм и тектонические условия магматизма [25]. Макро- и микроскопическое изучение показывает, что содержание микроклина достигает 60–70%, а остальная часть приходится на зерна кварца (25–35%) (рис. 3а). Менее 5% составляют зерна плагиоклаза и биотита (рис. 3б). Вторичные изменения (в том числе пелитизация) отмечены для микроклина, но особенно характерны для биотита, зерна которого сильно лимонитизированы (рис. 3б). Отметить также стоит присутствие кальцита, выполняющего трещины. Структура гипидиоморфнозернистая (гранитовая). Согласно принятой номенклатуре магматических пород [24], изученная порода относится к числу ультракислых умереннощелочных пород и может быть определена как аляскит из семейства умереннощелочных лейкогранитов.

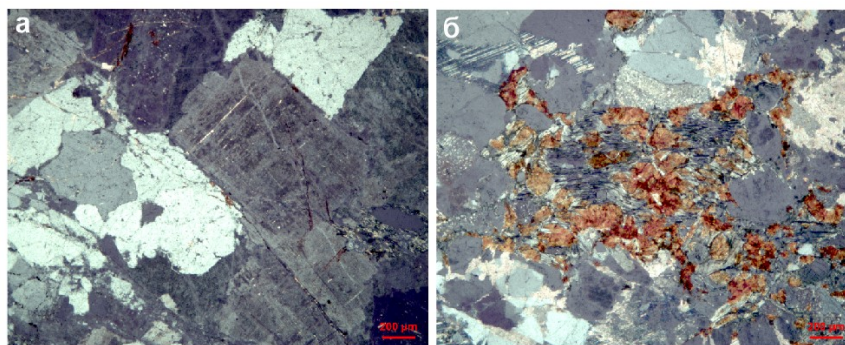


Рис. 3. Аляскиты Руфабгинского кристаллического массива: гипидиоморфные зерна микроклина и поликристаллические зерна кварца (а), лимонитизированные зерна биотита (б). Красная линейка — 200 мкм, николи скрещены.

Петрохимическое изучение аляскитов показывает неожиданные результаты. По содержанию макроэлементов (табл. 1) породы должны быть отнесены к монцонитам, которые являются средними умереннощелочными породами. Однако характерный минеральный состав монцонитов [24] никак не согласуется с тем, что установлен в изученных породах Руфабгинского кристаллического массива (см. выше), являющихся гораздо более кислыми. По всей видимости, этот парадокс имеет методическое объяснение. Неравнозернистость породы способствовала тому, что для петрохимического анализа была использована преимущественно относительно

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ
РУФАБГИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ГОРНОЙ АДЫГЕИ**

мелкозернистая масса между крупными зернами микроклина, и именно ее состав может быть описан как монцонитовый. Для него же характерны и особенности содержания микроэлементов (табл. 2). Однако полученный результат не должен быть "отброшен" как невалидный. Напротив, имеющиеся представления об эволюции магматизма в Горной Адыгее [12, 18] дают основания предполагать, что изначально порода действительно была монцонитом (или менее щелочным диоритом), однако вследствие калишпатизации преобразовалась в аляскит. Это гипотеза требует последующей верификации с использованием большего количества информации.

Таблица 1.
Макроэлементный состав изученных магматических пород

Основные компоненты	Содержание компонентов, %%			
	Руфабгинский кристаллический массив - аляскиты (данная работа)	Даховский кристаллический массив		
		Гранитоиды 1-й фазы* (по [12])	Граниты 2-й фазы* (по [12])	Аляскиты (данная работа)
Na ₂ O	3,926	2,353–4,545	2,279–7,73	4,3924
MgO	0,8172	0,995–5,028	0,138–2,0	0,3447
Al ₂ O ₃	16,9292	11,811–16,441	3,868–15,476	12,6705
SiO ₂	57,7145	56,661–64,321	66,315–74,095	70,6455
P ₂ O ₅	0,1681	0,028–0,177	0,011–0,577	0,4555
SO ₃	0,1223	0,006–0,065	0,008–0,04	–
Cl	–	–	–	–
K ₂ O	3,913	2,009–5,693	1,172–10,107	4,958
CaO	5,4602	2,592–6,25	0,087–4,05	2,6415
TiO ₂	0,6057	0,068–1,047	0,011–0,472	0,1081
V ₂ O ₅	0,0209	–	–	–
MnO	0,0591	0,052–0,176	0,013–0,099	0,0272
Fe ₂ O ₃	3,9807	2,072–10,727	1,527–7,116	1,189
CuO	0,0054	–	–	0,0058
ZnO	0,0063	–	–	0,0026
Rb ₂ O	0,0217	–	–	0,0189
SrO	0,0186	–	–	0,006
ZrO ₂	0,0115	–	–	0,005
BaO	0,0833	–	–	–
ППП	6,1362	0,54–3,47	0,21–2,89	2,5292

Примечание: * гранитоиды и граниты — в данном случае собирательные названия для пород соответствующих фаз.

Микроэлементный состав изученных магматических пород

Элементы	Содержание компонентов, ppm			
	Руфабгинский кристаллический массив - аляскиты (данная работа)	Даховский кристаллический массив		
		Гранитоиды 1-й фазы* (по [12])	Граниты 2-й фазы* (по [12])	Аляскиты (данная работа)
Li	9,2	–	–	5,6
Be	0,9	–	–	1,2
Na	19193,8	–	–	22455,0
Mg	2116,5	–	–	1234,3
Al	54224,9	–	–	48037,8
K	23977,5	–	–	26795,8
Ca	1032,5	–	–	485,3
Sc	9,3	0–16	–	2,7
Ti	2859,8	–	–	614,8
V	72,9	11–107	5–55	18,5
Cr	20,7	14–45	19–46	3,6
Mn	316,4	–	–	156,8
Fe	19396,2	–	–	5746,8
Co	7,7	0–8	0–4	1,2
Ni	3,3	8–21	4–10	0,1
Cu	15,9	5–17	4–13	13,7
Zn	69,7	33–86	4–37	26,2
Ga	16,9	11–17	8–14	10,6
Ge	4,5	–	–	2,9
As	5,0	0–4	0–4	1,7
Se	3,3	–	–	0,9
Rb	158,0	62–128	17–155	132,2
Sr	133,4	43–300	28–325	47,9
Y	14,2	8–18	1–17	15,7
Zr	79,1	7–101	1–82	38,1
Nb	7,6	5–9	4–13	7,6
Mo	218,4	–	–	222,3
Ru	–	–	–	–
Rh	–	–	–	–
Pa	–	–	–	–
Ag	–	–	–	–
Cd	0,02	–	–	0,01
Sn	3,7	1–6	1–3	1,4
Sb	1,2	2–7	2–6	0,6
Te	–	–	–	–
Cs	14,2	0–43	1–12	2,5
Ba	619,0	81–1101	91–622	151,0

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ
РУФАБГИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ГОРНОЙ АДЫГЕИ

Продолжение таблицы 2.

La	30,1	–	–	8,1
Ce	57,2	–	–	17,3
Pr	6,6	–	–	1,9
Nd	27,4	–	–	8,1
Sm	5,3	–	–	2,1
Eu	1,1	–	–	0,4
Gd	4,0	–	–	2,0
Tb	0,6	–	–	0,4
Dy	3,1	–	–	3,1
Ho	0,6	–	–	0,7
Er	1,7	–	–	2,3
Tm	0,2	–	–	0,4
Yb	1,6	–	–	2,6
Lu	0,3	–	–	0,4
Hf	2,9	–	–	2,7
Ta	0,9	–	–	2,1
W	2,5	–	–	0,9
Re	–	–	–	–
Os	–	–	–	–
Ir	–	–	–	–
Pt	–	–	–	–
Au	–	–	–	–
Tl	1,3	–	–	1,0
Pb	13,6	7–25	3–37	27,1
Bi	0,3	–	–	0,1
Th	13,6	3–10	2–12	22,4
U	4,9	5–8	4–13	18,5

Примечание: * гранитоиды и граниты – в данном случае собирательные названия для пород соответствующих фаз.

Изученные для сравнения граниты 2-й фазы из Даховского кристаллического массива представляют собой породу розового цвета, в которой в сопоставимых долях содержатся зерна кварца и микроклина. Размер их различается, однако довольно часто превышает 1–2 мм, а порода приобретает пегматоидный облик (рис. 2в). Макро- и микроскопическое изучение показывает, что содержания микроклина составляют 50–60%, а кварца — 35–45% (рис. 4а). Менее 5% приходится на плагиоклаз, биотит и рудные минералы. Отмечены прорастания кварца в микроклине (рис. 4б). Из вторичных изменений можно отметить слабую пелитизацию микроклина, хлоритизацию биотита и наличие прожилков вторичного кальцита (в том числе крупнокристаллического). Структура породы изменяется от гипидиоморнозернистой (гранитовой) до пегматитовой. Как и в предыдущем случае, согласно принятой номенклатуре магматических пород [24], изученная порода относится к числу ультракислых умереннощелочных пород и может быть определена как аляскит из семейства умереннощелочных лейкогранитов.

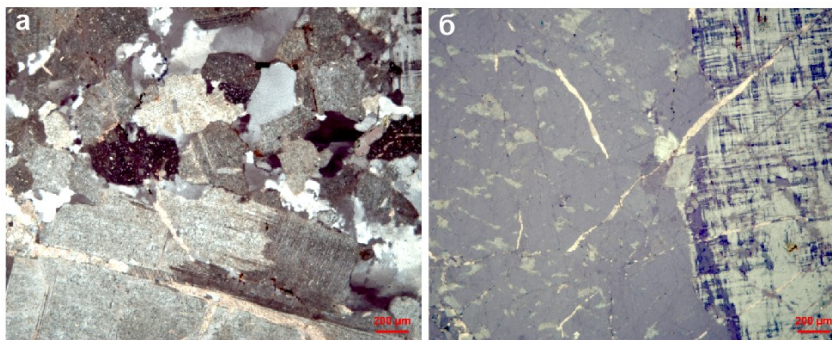


Рис. 4. Аляскиты Даховского кристаллического массива: гипидиоморфные зерна микроклина и поликристаллические зерна кварца (а), проращение кварца в зерне микроклина (б). Красная линейка — 200 мкм, николи скрещены.

Петрохимическое изучение данных аляскитов дает следующие результаты (табл. 1). По содержанию макроэлементов породы должны быть отнесены к умереннощелочным гранитам. Однако характерный минеральный состав последних [24] несколько отличается от того, что установлен в ходе настоящего исследования. В частности, речь идет о содержании кварца и темноцветных минералов. По всей видимости, это снова следует объяснять влиянием неравнозернистости породы на представительность пробы для анализа. Тем не менее различие между результатами петрографического и петрохимического анализов не слишком велико, т.к. в любом случае речь идет об умереннощелочных гранитоидах. В этой связи содержания микроэлементов (табл. 2) с некоторыми (незначительными) допущениями вполне может рассматриваться как характерные для рассматриваемых аляскитов. Содержания как макро-, так и микроэлементов зачастую соответствуют таковым в гранитах 2-й фазы (табл. 2), что говорит о принадлежности к ним изученных аляскитов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты позволяют провести целый ряд интерпретаций, имеющих важное значение для корректного понимания пространственно-временных взаимоотношений позднепалеозойских гранитоидов Горной Адыгеи. Прежде всего, в связи с двухфазностью магматизма на данной территории [12] возникает закономерный вопрос о принадлежности пород Руфабгинского кристаллического массива к одной из фаз. С одной стороны, идентификация этих пород как аляскитов свидетельствует о связи со 2-й фазой. При этом аляскиты Руфабгинского и Даховского кристаллического массива отличаются (см. выше). С другой стороны, в тех же самых породах прослеживается генетическая связь с изначальными монцонитами, которые явно ближе к 1-й фазе. В свете полученных результатов нет смысла привязывать породы Руфабгинского кристаллического массива к одной из фаз, равно как и вообще выделять последние. Возможно, такое подразделение имеет смысл в генетических моделях, но не в конкретном геологическом теле. Стоит добавить, что даже в

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ РУФАБГИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ГОРНОЙ АДЫГЕИ

Даховском кристаллическом массиве состав гранитоидов 1-й фазы и гранитов 2-й фазы в определенном степени сходен (интервалы содержаний макроэлементов часто перекрываются), даже при различиях в концентрации кремнезема (табл. 1).

Далее необходимо поставить вопрос о сходстве аляскитов Руфабгинского и Даховского массивов. Несмотря на их отнесение к одним и тем же породам, полученные результаты свидетельствуют о двух принципиальных различиях. Аляскиты Руфабгинского массива являются более щелочными, и в используемой классификации [24] они ближе к щелочным аляскитам, тогда как аляскиты Даховского массива оказываются чуть менее щелочными, и в классификации они ближе к лейкогранитам. Однако еще сильнее оказываются текстурно-структурные отличия. В Руфабгинском массиве породы проявляют признаки порфиroidности и ориентированности, а в Даховском массиве — пегматоидности (рис. 2б, в). Кроме того, возможны и генетические различия: аляскиты Руфабгинского массива могут быть "вторичным" продуктом калишпатизации, а аляскиты Даховского массива не демонстрируют признаков последней. На основании этого отождествлять аляскиты двух рассмотренных массивов невозможно или, как минимум, преждевременно. Для акцентирования различий допустимо говорить о порфиroidных аляскитах Руфабгинского массива и пегматоидных аляскитах Даховского массива.

Применительно к магматическим комплексам может быть использована методика литодеменной стратиграфии, которая служит целям упорядочивания региональной информации о них и облегчения картирования. Основы этой методики изложены в ряде работ [26, 27, 28], а обобщение ее достижений представлено в [29]. Ранее для Даховского кристаллического массива были выделены пять литодем: трезубцевый гранодиорит, сибирский гранит, белореченский аплит, березовский серпентинит и липовский родингит [19]. Из них трезубцевый гранодиорит соответствует гранитоидам 1-й фазы в понимании [12], а сибирский гранит — гранитам 2-й фазы в понимании [12]. В таком случае пегматоидные аляскиты Даховского массива входят в состав литодемы сибирского гранита (возможно, более корректно говорить о сибиркинском граните, т.к. название дается по р. Сибирке). С учетом сказанного выше об их отличиях от порфиroidных аляскитов Руфабгинского массива последние видится возможным выделить в самостоятельную литодему, которая может быть определена как руфабгинский аляскит. Валидность этого нового подразделения зависит от двух обстоятельств. Во-первых, нельзя исключать, что в Руфабгинском массиве могут быть установлены и другие гранитоиды, что потребует пересмотра «границ» данной литодемы. Во-вторых, аналоги порфиroidных аляскитов могут существовать и в Даховском массиве, будучи связанными или с трезубцевым гранодиоритом, или с сибирским гранитом, что потребует отнесения порфиroidных аляскитов к одной из двух указанных литодем. На саму возможность таких обстоятельств указывают результаты ранее проведенных исследований [12, 18], однако однозначные суждения можно будет сделать только после детальнейших исследований обоих кристаллических массивов.

ВЫВОДЫ

На основании проведенного исследования можно сделать три принципиальных вывода. Во-первых, изученные позднепалеозойские гранитоиды Руфабгинского кристаллического массива являются аляскитами, демонстрирующими признаки порфириовидности и ориентированности. Во-вторых, для этих пород нецелесообразно отнесение к одной из фаз магматизма, устанавливаемых в Горной Адыгее. В-третьих, данные аляскиты отличаются от аляскитов Даховского массива, что позволяет выделять первые в качестве самостоятельной литодемы. При этом следует указать и пять задач, которые должны быть решены в ходе последующих исследований; установление наличия/отсутствия четкой связи Руфабгинского и Даховского массивов, фиксация всего спектра пород, слагающих Руфабгинский массив, определение временных соотношений калишпатизации с полным интервалом магматической активности, уточнение петрохимических характеристик аляскитов Руфабгинского и Даховского массивов, проведение сравнительного анализа пород всех трех кристаллических массивов Горной Адыгеи с разработкой простой и надежной литодемной стратиграфии.

Результаты настоящего исследования имеют практическое значение. Дело в том, что руфабгинский аляскит установлен в пределах объекта геологического наследия национального ранга [14]. Подобное наследие представляет собой ценный ресурс для использования в целях геотуризма – новой формы эксплуатации геологических ресурсов с очевидными социально-экономическими выгодами. Каньон р. Сырыф уже используется соответствующим образом. Обнаружение в нем своеобразной магматической породы не только увеличивает ценность данного объекта геологического наследия, но и позволяет диверсифицировать содержание организуемых на его основе геотуристических экскурсий, повысив их привлекательность и максимизировав коммерческие выгоды от этой деятельности.

Список литературы

1. Domeier M., Torsvik T. H. Plate tectonics in the late Paleozoic // *Geoscience Frontiers*. 2014. Vol. 5. P. 303–350.
2. Kocsis A. T., Scotese C. R. Mapping paleocoastalines and continental flooding during the Phanerozoic // *Earth-Science Reviews*. 2021. Vol. 213. P. 103463.
3. Matthews K. J., Maloney K. T., Zahirovic S., Williams S. E., Seton M., Muller R. D. Global plate boundary evolution and kinematics since the late Paleozoic // *Global and Planetary Change*. 2016. Vol. 146. P. 226–250.
4. Ruban D. A. The Greater Caucasus – A Galatian or Henseatic terrane? Comment on "The formation of Pangea" by G.M. Stampfli, C. Hochard, C. Verard, C. Wilhem and J. von Raumer [Tectonophysics 593 (2013) 1–19] // *Tectonophysics*. 2013. Vol. 608. P. 1442–1444.
5. Stampfli G. M., Borel G. D. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons // *Earth and Planetary Science Letters*. 2002. Vol. 196. P. 17–33.
6. Снежко В. А., Снежко В. В. Возраст цирконов из гранодиоритов Соколовского массива (Западное Предкавказье) по данным U-Pb (SHIRMP II) датирования // *Региональная геология и металлогения*. 2017. № 70. С. 41–47.
7. Снежко В. А., Снежко В. В., Шарпёнок Л. Н. Малкинский гранит-лейкогранитовый комплекс

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ РУФАБГИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ГОРНОЙ АДЫГЕИ

- (Северный Кавказ) // Региональная геология и металлогения. 2021. № 85. С. 5–20.
8. Афанасьев Г. Д. Гранитоиды древних интрузивных комплексов Северо-Западного Кавказа. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 243 с.
 9. Афанасьев Г. Д. Магматические формации и общие проблемы геологической петрологии. М.: Наука, 1981. 514 с.
 10. Паффенгольд К. Н. Очерк мазматизма и металлогении Кавказа. Ереван: Изд-во АН АрССР, 1970. 435 с.
 11. Дьяконова-Савельева Е. С. Гранитоиды Даховской и Сахрайской интрузий // Ученые записки ЛГУ. Серия геолого-почвенных наук. 1940. № 45, вып. 8. С. 190–223.
 12. Ненахов В. М., Жабин А. В., Жаворонкин В. И., Ильин В. В., Чеботарёва Е. С. Вещественные особенности, петрофизические свойства и геодинамические условия формирования гранитоидов Даховского кристаллического массива (Западный Кавказ) // Вестник ВГУ. Серия: Геология. 2021. № 2. С. 4–21.
 13. Назаренко О. В., Михайленко А. В., Смагина Т. А., Кутилин В. С. Природные условия Горной Адыгеи. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2020. 132 с.
 14. Ruban D. A., Mikhailenko A. V., Yashalova N. N. Valuable geoheritage resources: Potential versus exploitation // Resources Policy. 2022. Vol. 77. P. 102–165.
 15. Трифонов В. Г., Соколов С. Ю., Соколов С. А., Хессами Х. Мезозойско-кайнозойская структура Черноморско-Кавказско-Каспийского региона и ее соотношение со строением верхней мантии // Геотектоника. 2020. № 3. С. 55–81.
 16. van Hinsbergen D. J. J., Torsvik T. H., Schmid S. M., Matenco L. C., Maffione M., Vissers L. R. M., Gurer D., Spakman W. Orogenic architecture of the Mediterranean region and kinematic reconstruction of its tectonic evolution since the Triassic // Gondwana Research. 2020. Vol. 81. P. 79–229.
 17. Попов Ю. В. Положение магматических комплексов Даховской горст-антиклинали в эволюции магматизма зоны Передового хребта Большого Кавказа // Актуальные проблемы региональной геологии, литологии и минерагении. Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2005. С. 131–141.
 18. Попова Н. М., Грановский А. Г. Особенности состава и происхождения коллизионных гранитоидов Передового хребта (Северо-Западный Кавказ) // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки. Новосибирск: СибАК, 2014. С. 40–49.
 19. Рубан Д. А. Ревизия литодеменной стратиграфии магматических пород Даховского кристаллического массива (Западный Кавказ) // Вулканизм, биосфера и экологические проблемы. Майкоп, 2016. С. 39–40.
 20. Корнетова В. А. Атлас текстур и структур гранитных пегматитов. М.: Наука, 1983. 124 с.
 21. Краснощекова Л. А. Атлас основных типов магматических пород. Томск: Изд-во ТПУ, 2012. 128 с.
 22. Barker A. J. A Key for Identification Of Rock-forming Minerals in Thin-Section. London: Taylor and Francis, 2014. 170 p.
 23. MacKenzie W. S., Adams A. E., Brodie K. H. Rocks and Minerals in Thin Section. London: Taylor and Francis, 2017. 242 p.
 24. Петрографический кодекс России. Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 200 с.
 25. Nedelec A., Bouchez J.-L. Granites: Petrology, Structure, Geological Setting, and Metallogeny. Oxford: Oxford University Press, 2015. 335 p.
 26. Gillespie M. R., Leslie A. G. BRUCS: a new system for classifying and naming mappable rock units // Journal of the Geological Society. 2021. Vol. 178. P. jgs2020-212.
 27. Hattin D. E. Lithodemes, suites, supersuites, and complexes: intrusive, metamorphic, and genetically mixed assemblages of rocks now embraced by North American Code of Stratigraphic Nomenclature // Precambrian Research. 1991. Vol. 50. P. 355–357.
 28. Stratigraphy. Terminology and practice. Paris: Editions TECHNIP, 2008. 165 p.
 29. Ruban D. A. Lithodemes in the new millenium: a bibliographical survey // Proceedings of the Geologists' Association. 2014. V. 125. P. 151–154.

**NEW DATA ON LATE PALEOZOIC GRANITOIDS FROM THE RUFABGO
CRYSTALLINE MASSIF OF MOUNTAINOUS ADYGEYA**

Ruban D. A.¹, Zorina S. O.², Nikashin K. I.³, Tahhan F.⁴

¹K. G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management (the First Cossack University), Moscow, Russian Federation

^{2,3,4}Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation

E-mail: ¹ruban-d@mail.ru, ²svzorina@yandex.ru, ³kostya97@inbox.ru, ⁴fatmeh.m.tahhan@gmail.com

Crystalline massifs representing Precambrian–Paleozoic rocks are rather numerous in the Alpine tectonic belt of the Russian South. Particularly, three of them are found in Mountainous Adygeya – a peculiar domain in the western part of the Greater Caucasus dominated by the Mesozoic sedimentary complexes. These are the Dakh, Sakhray, and Rufabgo crystalline massifs of Late Paleozoic (most probably, Carboniferous) age. The former is the biggest and best studied. Despite of about a century of research, the knowledge of these massifs remains incomplete and controversial. New field investigations have allowed to find and to sample granitoids of the Rufabgo Crystalline Massif. For reference, similarly-looking rocks from the southern periphery of the Dakh Crystalline Massif were also sampled. Petrographical and petrochemical investigations were undertaken. It is established that the rocks from the Rufabgo Massif are greyish-pink alaskites with 60–70% of microcline and 25–35% of quartz. They demonstrate signs of porphyroid structure and lineation. The composition of the relatively fine-grained mass around large microcline porphyric grains (up to 1 cm in size) is monzonitic. It can be hypothesized that initial monzonites were later altered to allow microcline grains growing. The analyzed rocks from the Dakh Massif are pink alaskites, with 50–60% of microcline and 35–45% of quartz. They demonstrate pegmatoid structure. Earlier, two phases of the Late Paleozoic intrusive magmatism were interpreted for Mountainous Adygeya. However, the present study of granitoids from the Rufabgo Crystalline Massif implies that rock differentiation by these two phases is unreasonable. Even in the Dakh Crystalline Massif, the rocks representing these phases demonstrate significant overlap of their content. The analyzed alaskites from the Rufabgo and Dakh massifs have much in common, but they differ by the relations of microcline and quartz (the rocks from the Rufabgo Massif are more alkaline) and structural peculiarities. Apparently, these are different rocks, namely porphyroid alaskites and pegmatoid alaskites. These results are valuable for lithodemic interpretations. Lithodeme stratigraphy is a powerful tool for development of regional classifications of magmatic rocks and their mapping. Five lithodemes were proposed earlier for the Dakh Crystalline Massif. The studied alaskites from there can be assigned to the Siberian (Sibirskian) granite. Alaskites from the Rufabgo Crystalline Massif cannot be attributed to this lithodeme, and a new lithodeme is proposed, namely the Rufabgo alaskite. Further investigations are necessary to prove or to disprove its validity. The results of the present study highlight new tasks for further investigations of the Late Paleozoic granitoids of Mountainous Adygeya. They are also of practical importance because the Rufabgo alaskite is found on the territory

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДАХ
РУФАБГИНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА ГОРНОЙ АДЫГЕИ

of the nationally-ranked geological heritage site. The occurrence of this magmatic rock there contributes to the overall value of this site and its geotouristic potential.

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under agreement No. 075-15-2020-931 within the framework of the development program for a world-class Research Center “Efficient development of the global liquid hydrocarbon reserves” (contributions by S. O. Zorina, K. I. Nikashin, F. Tahhan); the research by D. A. Ruban was not funded.

Keywords: аляскит, Большой Кавказ, литодемы, малкинский комплекс, петрохимия.

References

1. Domeier M., Torsvik T. H. Plate tectonics in the late Paleozoic. *Geoscience Frontiers*, 2014, vol. 5, pp. 303–350.
2. Kocsis A. T., Scotese C. R. Mapping paleocoastlines and continental flooding during the Phanerozoic. *Earth-Science Reviews*, 2021, vol. 213, p. 103463.
3. Matthews K. J., Maloney K. T., Zahirovic S., Williams S. E., Seton M., Muller R. D. Global plate boundary evolution and kinematics since the late Paleozoic. *Global and Planetary Change*, 2016, vol. 146, pp. 226–250.
4. Ruban D. A. The Greater Caucasus – A Galatian or Henseatic terrane? Comment on "The formation of Pangea" by G.M. Stampfli, C. Hochard, C. Verard, C. Wilhem and J. von Raumer [Tectonophysics 593 (2013) 1–19]. *Tectonophysics*, 2013, vol. 608, pp. 1442–1444.
5. Stampfli G. M., Borel G. D. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrons. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, vol. 196, pp. 17–33.
6. Snezhko V. A., Snezhko V. V. Vozrast cirkonov iz granodioritov Sokolovskogo massiva (Zapadnoe Predkavkaz'e) po dannym U-Pb (SHIRMP II) datirovaniya (Age of zircons from granitoids of the Sokolov massif (Western Ciscaucasus) by the data of U-Pb (SHIRMP II) dating. *Regional'naja geologija i metallogenija*, 2017, no. 70, pp. 41–47 (in Russian).
7. Snezhko V. A., Snezhko V. V., Sharpjonok L. N. Malkinskij granit-lejkogranitovyj kompleks (Severnyj Kavkaz) (Malka granite-leucogranite complex (Northern Caucasus)). *Regional'naja geologija i metallogenija*, 2021, no. 85, pp. 5–20 (in Russian).
8. Afanas'ev G. D. Granitoidy drevnih intruzivnyh kompleksov Severo-Zapadnogo Kavkaza (Granitoids of ancient intrusive complexes of the North-Western Caucasus). Moscow: AN SSSR (Publ.), 1950, 243 p. (in Russian).
9. Afanas'ev G. D. Magmaticheskie formacii i obshhie problemy geologicheskoy petrologii (Magmatic formations and general problems of geological petrology). Moscow: Nauka, 1981, 514 p. (in Russian).
10. Paffengolc K. N. Ocherk mazmatizma i metallogenii Kavkaza (Review of magmatism and metallogeny of the Caucasus). Erevan: AN ArSSR (Publ.), 1970, 435 p. (in Russian).
11. D'jakonova-Savel'eva E. S. Granitoidy Dahovskoj i Sahrajskoj intruzij (Granitoids of Dakh and Sakhray intrusions). *Uchenye zapiski LGU. Serija geologo-pochvennyh nauk*, 1940, no. 45, iss. 8, pp. 190–223 (in Russian).
12. Nenahov V. M., Zhabin A. V., Zhavoronkin V. I., Il'in V. V., Chebotarjova E. S. Veshhestvennye osobennosti, petrofizicheskie svojstva i geodinamicheskie uslovija formirovaniya granitoidov Dahovskogo kristallicheskogo massiva (Zapadnyj Kavkaz) (Content peculiarities, petrophysical properties and geodynamical conditions of formation of granitoids of the Dakh crystalline massif (Western Caucasus)). *Vestnik VGU. Serija: Geologija*, 2021, no. 2, pp. 4–21 (in Russian).
13. Nazarenko O. V., Mihajlenko A. V., Smagina T. A., Kutilin V. S. Prirodnye uslovija Gornoj Adygei (Natural conditions of Mountainous Adygeya). Rostov-na-Donu: YuFU (Publ.), 2020, 132 p. (in Russian).
14. Ruban D. A., Mikhailenko A. V., Yashalova N. N. Valuable geoheritage resources: Potential versus exploitation. *Resources Policy*, 2022, vol. 77, p. 102665.
15. Trifonov V. G., Sokolov S. Ju., Sokolov S. A., Hessami H. Mezozojsko-kajnozojskaja struktura Chernomorsko-Kavkazsko-Kaspijskogo regiona i ee sootnoshenie so stroeniem verhnej mantii (Mesozoic-Cenozoic structure of the Black Sea-Caucasian-Caspian Sea region and its relation to the upper mantle structure). *Geotektonika*, 2020, no. 3, pp. 55–81 (in Russian).
16. van Hinsbergen D. J. J., Torsvik T. H., Schmid S. M., Matenco L. C., Maffione M., Vissers L. R. M., Gurer D.,

- Spakman W. Orogenic architecture of the Mediterranean region and kinematic reconstruction of its tectonic evolution since the Triassic. *Gondwana Research*, 2020, vol. 81, pp. 79–229.
17. Popov Ju. V. Polozhenie magmaticeskikh kopmlekov Dahovskoj gorst-antiklinali v jevoljucii magmatizma zony Peredovogo hrebta Bol'shogo Kavkaza (Position of magmatic complexes of the Dakh horst-anticline in the evolution of magmatism in the Peredovoy range zone of the Greater Caucasus). *Aktual'nye problemy regional'noj geologii, litologii i mineragenii*. Rostov-na-Donu: CVVR, 2005, pp. 131–141 (in Russian).
 18. Popova N. M., Granovskij A. G. Osobennosti sostava i proishozhdenija kollizionnyh granitoidov Peredovogo hrebta (Severo-Zapadnyj Kavkaz) (Peculiarities of composition and origin of collisions granitoids of the Peredovoy range (North-Western Caucasus). *Nauchnoe soobshhestvo studentov XXI stoletija. Estestvennye nauki*. Novosibirsk: SibAK, 2014, pp. 40–49 (in Russian).
 19. Ruban D. A. Revizija litodemnoj stratigrafii magmaticeskikh porod Dahovskogo kristallicheskogo massiva (Zapadnyj Kavkaz) (Revision of lithodemic stratigraphy of magmatic rocks of the Dakh crystalline massif (Western Caucasus)). *Vulkanizm, biosfera i jekologicheskie problemy*. Majkop, 2016, pp. 39–40 (in Russian).
 20. Kometova V. A. Atlas tekstur i struktur granitnyh pegmatitov (Atlas of textures and structures of granite pegmatites). Moscow: Nauka, 1983, 124 p. (in Russian).
 21. Krasnoshhejkova L. A. Atlas osnovnyh tipov magmaticeskikh porod (Atlas of the principal types of magmatic rocks). Tomsk: TPU (Publ.), 2012, 128 p. (in Russian).
 22. Barker A. J. A Key for Identification Of Rock-forming Minerals in Thin-Section. London: Taylor and Francis, 2014, 170 p.
 23. MacKenzie W. S., Adams A. E., Brodie K. H. Rocks and Minerals in Thin Section. London: Taylor and Francis, 2017, 242 p.
 24. Petrograficheskij kodeks Rossii. Magmaticeskije, metamorficheskie, metasomaticeskije, impaktnye obrazovanija (Petrographical codex of Russia. Magmatic metamorphic, metasomatic, impact rocks). Saint-Petersburg: VSEGEI (Publ.), 2009, 200 p. (in Russian).
 25. Nedelec A., Bouchez J.-L. Granites: Petrology, Structure, Geological Setting, and Metallogeny. Oxford: Oxford University Press, 2015, 335 p.
 26. Gillespie M. R., Leslie A. G. BRUCS: a new system for classifying and naming mappable rock units. *Journal of the Geological Society*, 2021, vol. 178, p. jgs2020-212.
 27. Hattin D. E. Lithodemes, suites, supersuites, and complexes: intrusive, metamorphic, and genetically mixed assemblages of rocks now embraced by North American Code of Stratigraphic Nomenclature. *Precambrian Research*, 1991, vol. 50, pp. 355–357.
 28. Stratigraphy. Terminology and practice. Paris: Editions TECHNIP, 2008, 165 p.
 29. Ruban D. A. Lithodemes in the new millenium: a bibliographical survey. *Proceedings of the Geologists' Association*, 2014, vol. 125, pp. 151–154.

Поступила в редакцию 19.04.2022 г.

УДК 551.24, 550.83

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО, ПРЕДКАВКАЗСКОГО РЕГИОНОВ И ОЦЕНКА ИХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЕРСПЕКТИВ

Харитонов А. Л.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова E-mail: ahariton@izmiran.ru

Актуальность статьи заключается в использовании дистанционных геофизических методов при геологическом картировании структур центрального типа, скрытых породами осадочного слоя земной коры, что может существенно повысить информативность прогнозно-поисковых исследований нефтеперспективных регионов. Цель данной статьи заключается в том, чтобы экспериментально, по геомагнитным, гравитационным и данным теплового потока проверить гипотезу о корреляционной связи пространственного расположения месторождений газообразных и жидких углеводородов и структур центрального типа, являющихся выходом на поверхность фундамента земной коры верхней части термальных мантийных плюмов. В результате было показано, что геомагнитные, гравитационные, теплового потока данные можно использовать для поисков и изучения строения структур центрального типа на территории Крымского и Предкавказского регионов и проанализировать их нефтегазовую перспективность.

Ключевые слова: геология, геомагнитное, гравитационное поля, тепловой поток, структуры центрального типа, углеводороды.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из задач современной геофизики является проблема исследования глубинного строения Восточно-Черноморского региона (Крымский полуостров, Предкавказье), перспективных для поисков различных видов полезных ископаемых (нефть, газ). В решении этой задачи большую помощь могут оказать надежные аэрокосмические магнитные и гравитационные съемки космическими аппаратами (КА) «MAGSAT», «CHAMP», «GEOS-3» [1, 2, 3]. Несомненное достоинство геофизических (магнитных, гравитационных) съемок с помощью космических аппаратов заключается в скорости проведения измерений на огромных территориях и высокая частота их повторяемости (через 12–24 часов), что позволяет увеличить надежность выделяемых аэрокосмических данных геомагнитного и гравитационного полей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа пространственной структуры геомагнитного и гравитационного полей в пределах Восточно-Черноморского региона и в особенности районов достаточно интенсивных магнитных и гравитационных аномалий, связанных со структурами центрального типа на территории Крыма и Предкавказья, была проведена математическая обработка аэрокосмических данных. В частности, по аэрокосмическим геомагнитным измерениям было проведено вычисление синтезированных значений главного магнитного поля [4], их фильтрация из

измеренного геомагнитного поля, отбраковка некондиционных данных методом естественных ортогональных составляющих [5], спектрального анализа [2] и других методов математической обработки и геолого-геофизической интерпретации. Кроме того, для анализа аэрокосмических геофизических данных были использованы алгоритмы решения прямой и обратной задачи по данным разностного геомагнитного и гравитационного полей, частично изложенные в [6]. Одним из методов выделения составляющих геомагнитного поля связанного с литосферными и мезомантийными неоднородностями (мантийными плюмами) исследуемых регионов на фоне поля помех, вызываемых внешними источниками геомагнитного поля [1] и техническими погрешностями измерений на космических аппаратах (КА) являются методы дифференциальной магнитометрии [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Известно, что только комплексный анализ аэрокосмических геомагнитных, гравитационных и других геофизических данных (данных дистанционного зондирования Земли, теплового потока) может дать более объективное и достоверное представление о глубинном строении Восточно-Черноморского региона (Крым) и примыкающих к ним регионов (Предкавказье). Поэтому для верификации результатов расчетов спутниковых карт было проведено сопоставление построенных спутниковых и аэромагнитных карт аномального магнитного поля (Z_a , dT_a), связанных с мантийными электромагнитными неоднородностями (рис. 1, рис. 2) [1; 7], и спутниковых карт гравитационного поля [3] (рис. 3) с имеющимися данными теплового потока [8] (рис. 4), дистанционного зондирования Земли [9] (рис. 5), наземными геолого-геофизическими данными.

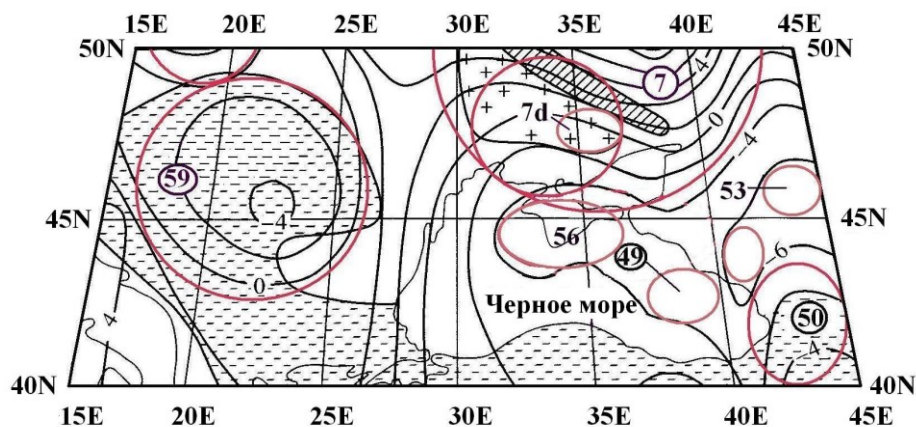


Рис. 1. Карта Z -компоненты аномального магнитного поля для территории Восточно-Черноморского региона (Черное море, Крым, Предкавказье) и прилегающих регионов Русской платформы, построенная по данным КА «СНАМР». 7d — магнитная аномалия, связанная с неоднородностями мантии в пределах

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУР ЦЕНТАЛЬНОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ
КРЫМСКОГО, ПРЕДКАВКАЗСКОГО РЕГИОНОВ И ОЦЕНКА ИХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЕРСПЕКТИВ

Запорожского региона; штриховкой отмечены Донецкий и Рязано-Саратовский прогибы оконтуривающие территорию Курской магнитной аномалии; 49 — магнитная аномалия, связанная с неоднородностями мантии в пределах Восточно-Черноморского мантийного плюма; 50 — магнитная аномалия, связанная с неоднородностями мантии в пределах Закавказских (Грузинско-Армянских) мантийных плюмов; 53 — магнитная аномалия, связанная с неоднородностями мантии в пределах Ставропольских мантийных плюмов; 56 — магнитная аномалия, связанная с неоднородностями мантии в пределах Крымо-Азовских мантийных плюмов; 59 — магнитная аномалия, связанная с неоднородностями мантии в пределах Карпатского мантийного плюма. Составлено автором по [1].

Наблюдаемые по спутниковым статистически осредненным геомагнитным данным (рис. 1) отрицательные региональные магнитные аномалии (амплитудой 4-6 нТл) в районах Азовского моря и Крыма (56), восточной части Черного моря (49) и Западного Закавказья (50), по-видимому, связаны с магнитными неоднородностями Крымо-Азовских, Восточно-Черноморского и Закавказских мантийных плюмов [1].

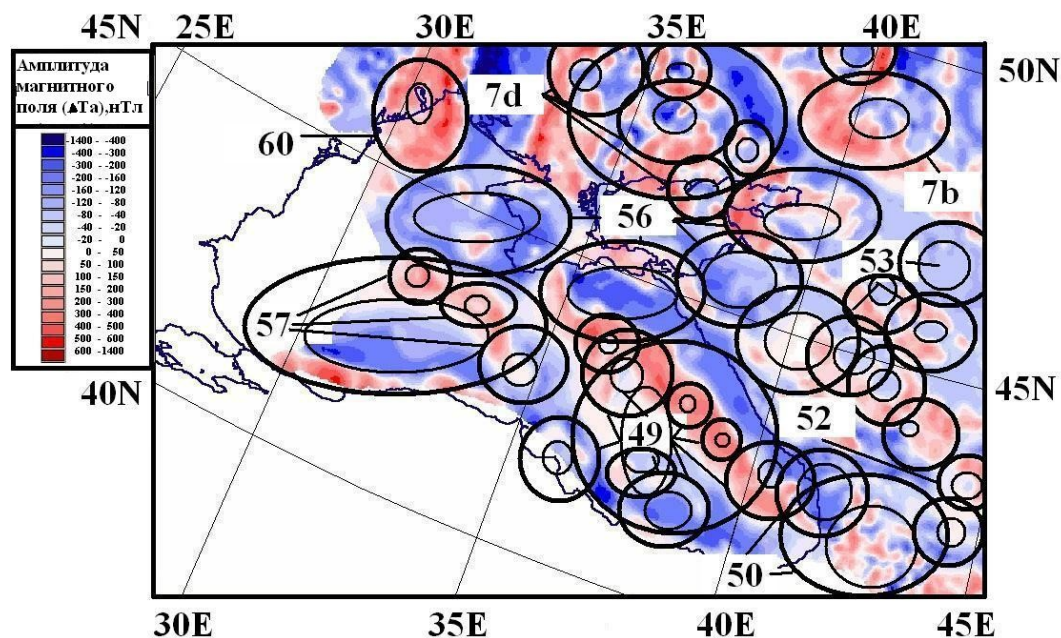


Рис. 2. Фрагмент карты аномального магнитного поля СССР и прилегающих акваторий. Окружностями обозначено расположение квази-кольцевых магнитных аномалий, сформированных мантийными плюмами Восточного Причерноморья (Черное море, Крым, Предкавказье). Региональные магнитные аномалии, связанные с мантийными плюмами: 7b — Шахтинским; 7d — Запорожским; 49 — Восточно-Черноморским; 50 — Закавказскими (Грузинским и Армянским); 52 — Сунженской;

53 — Ставропольскими; 56 — Крымо-Азовскими; 57 — Западно-Черноморским; 60 — Прикарпатская. Составлено автором по [7].

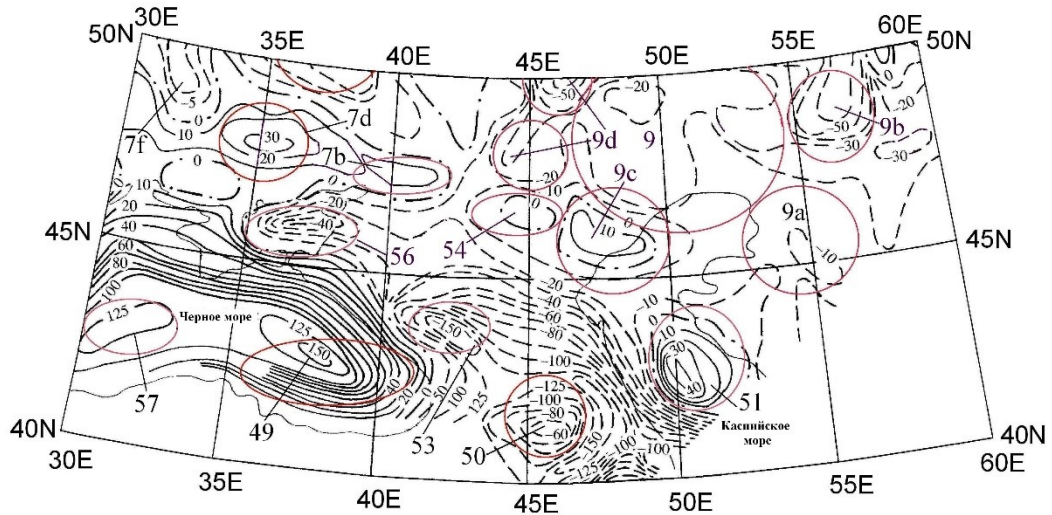


Рис. 3. Фрагмент спутниковой карты региональных аномалий гравитационного поля в редукции Буге для территории Восточно-Черноморского региона и прилегающих регионов Скифской плиты и юга Русской платформы. Региональные гравитационные аномалии: 7 – Скифская, 7b – Шахтинская, 7d – Запорожская; 7f – Десеновская; 9 – Прикаспийская, 9a – Эмбенская, 9b – Уралтауская, 9c – Астраханская, 9d – Волго-Донская, 49 – Восточно-Черноморская, 50 – Закавказские, 51 – Дербентская, 53 – Ставропольские, 54 – Ростово-Элистинские, 56 – Крымо-Азовские, 57 – Западно-Черноморская. Составлено автором по [3].

По имеющимся данным можно наблюдать достаточно хорошую корреляцию региональных магнитных аномалий и региональных гравитационных аномалий на территории Восточно-Черноморского региона, представленных на спутниковых и аэромагнитных картах (рис. 1, рис. 2, рис. 3) [1; 3; 7]. Так, например, в районе Восточно-Черноморской магнитной аномалии (49) на рис. 1, отличающейся достаточно высокими отрицательными значениями магнитного поля для высоты полета КА «СНАМР» (до - 4 нТл) и высокими положительными значениями (до + 130 мГал) региональной гравитационной аномалии (рис. 2). На рис. 1 и рис. 2 также можно видеть и другую кольцевую спутниковую магнитную аномалию (- 4 нТл) по месторасположению совпадающую с Закавказскими мантийными плюмами (Грузинским и Армянским) (50), имеющему отрицательные значения (до - 125 мГал) региональной спутниковой гравитационной аномалии в этом районе. Кроме того, наблюдаются и некоторые другие спутниковые магнитные и гравитационные

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУР ЦЕНТАЛЬНОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ
КРЫМСКОГО, ПРЕДКАВКАЗСКОГО РЕГИОНОВ И ОЦЕНКА ИХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЕРСПЕКТИВ

аномалии, связанные со Ставропольскими (53) и Ростово-Элистинскими (54) кольцевыми геоморфологическими структурами центрального типа.

Кроме того, по измеренным данным значений теплового потока [8], поступающего из недр мантии Земли (рис. 4), можно выделить крупные концентрические зоны теплового потока, которые связаны с мантийными плюмами.

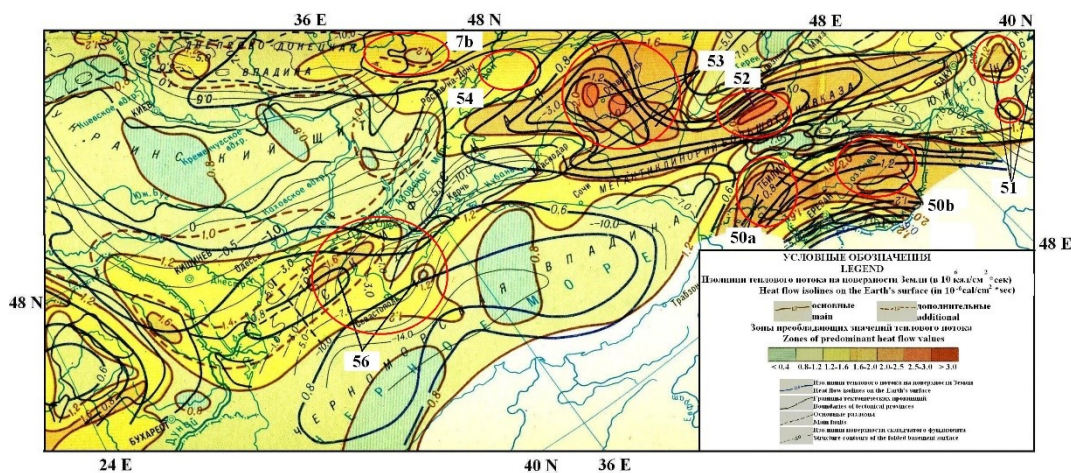


Рис. 4. Фрагмент карты теплового потока $q = (1 \times 41.8 \text{ мВт / кв. м})$. Аномалии теплового потока, связанные с термальными мантийными плюмами: 7b — Шахтинским; 50 — Закавказскими (50a — Грузинским и 50b — Армянским); 51 — Дербентским; 52 — Сунженским; 53 — Ставропольскими; 54 — Ростово-Элистинскими; 56 — Крымо-Азовскими. Составлено автором по [8].

Из рис. 4 хорошо видно, что в бортовых (периферийных) зонах Скифского мантийного плюма (7) наблюдаются повышенные значения теплового потока (q) (до 50.2 мВт/кв. м и более). За счет последующих тектонических деформаций верхняя часть Скифского мантийного плюма (7) была разбита секущими тектоническими разломами, по которым также поступает тепловой поток из глубины мантийного плюма. Примером ряда таких глубинных тектонических разломов, погребенных под слоем осадочных пород, может служить зона тектонических разломов Донецкой впадины (рис. 4), отмеченных высокими значениями теплового потока. Выделенные по спутниковым магнитным (рис. 1, рис. 2), гравитационным (рис. 3) и теплового потока данным (рис. 4) небольшие по размерам аномалии (48–56), выявленные на территории Крыма, Предкавказья, Черного моря в результате проведенной геолого-геофизической интерпретации, по нашим данным могут быть создаваться мантийными плюмами, образовавшимся в докембрийские периоды тектонической эволюции Земли, когда преобладали субвертикальные тектоно-магматические процессы [10]. В результате на поверхности фундамента земной коры Восточно-Черноморского региона произошло образование структур центрального типа [9, 11] (рис. 4).

Спутниковые магнитные и гравитационные данные подтверждаются результатами дистанционного зондирования Земли, которые позволяют выделить структуры центрального типа разных диаметральных размеров от нескольких сот до нескольких километров (рис. 5).

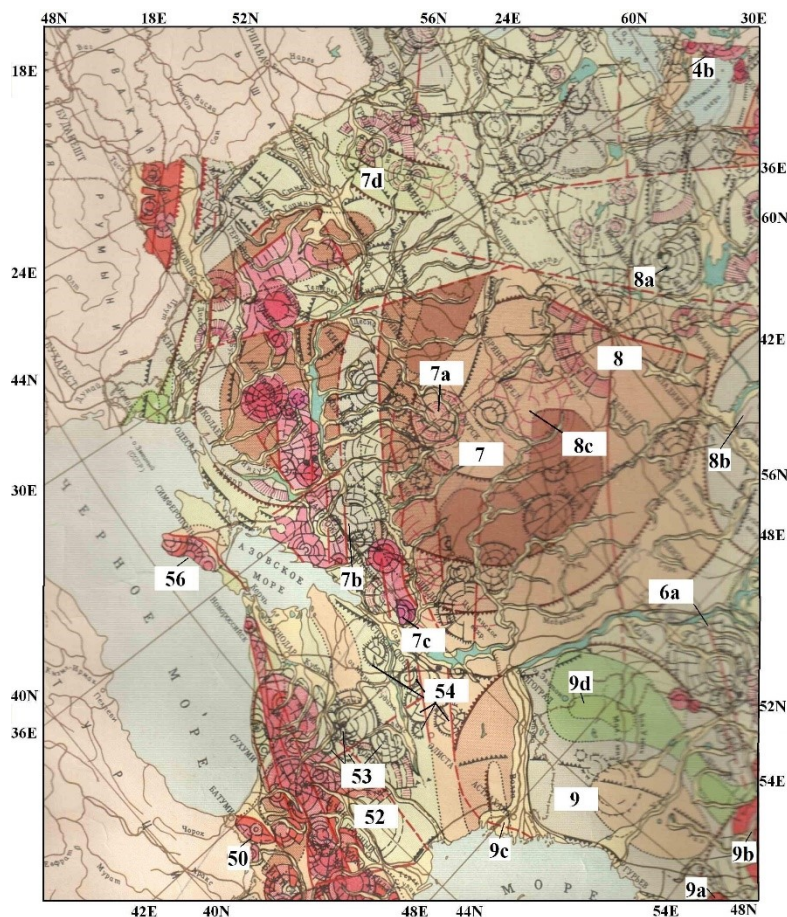


Рис. 5. Фрагмент карты структур центрального типа, образованных докембрийскими мантийными плюмами на территории Восточно-Черноморского региона и юга Русской платформы. Названия структур центрального типа (СЦТ), связанных с мантийными плюмами: 6а - Южно-Бузулукская, 7 — Скифская СЦТ, 7b — Запорожская СЦТ, 7с — Шахтинская СЦТ, 8 — Московская СЦТ, 8а — Тверская СЦТ, 8b - Нижегородская, 8с — Тульская СЦТ, 9 — Прикаспийская СЦТ, 9а — Эмбенская СЦТ, 9b — Уралтауская СЦТ, 9с — Астраханская СЦТ, 9d — Узеньская СЦТ, 49 — Восточно-Черноморские СЦТ, 50 — Закавказские СЦТ, 52 — Сунженская СЦТ, 53 — Ставропольские СЦТ, 54 — Ростово-Элистинские СЦТ, 56 — Крымо-Азовские СЦТ. Составлено автором по [9].

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ
КРЫМСКОГО, ПРЕДКАВКАЗСКОГО РЕГИОНОВ И ОЦЕНКА ИХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЕРСПЕКТИВ

Изображенные на рис. 5 структуры центрального типа формировались в течение «нуклеарных» этапов геологической эволюции Земли и связаны с различными геохронологическими периодами тектономагматической активизации эндогенных геологических процессов [10] (рис. 6).

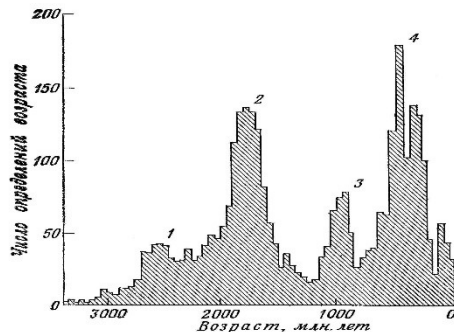


Рис. 6. Распределение возраста глобальных тектонических циклов, произошедших 2700 (max 1), 1800 (max 2), 1100 (max 3), 350 (max 4) миллионов лет назад, построенная по данным определений возраста изверженных пород. Составлено автором по [10].

Отмечают разные поверхностные морфологические особенности структур центрального типа, выявленных на территории Скифской плиты и юга Русской платформы: концентрические, эллипсовидные, спиральные и некоторые другие. Примеры структур центрального типа (7, 9, 52–56), расположенных на территории Восточно-Черноморского региона и сопредельных регионах Скифской плиты, выявленных по геолого-геофизическим данным (рис. 1, 2, 3, 4) и данным дистанционного зондирования Земли из космоса представлены на рис. 5. К наиболее крупным структурам центрального типа на территории Восточно-Черноморского региона и сопредельных регионах Скифской плиты можно отнести Скифскую (7), Прикаспийскую (9) (рис. 5). На территории Скифской плиты и Северного Кавказа также обнаружены структуры центрального типа меньшего диаметра, такие как Крымо-Азовские (56), Сунженская (52), Ставропольские (53), Ростово-Элистинские (54) и некоторые другие, изображенные на рис. 5. Глубинные неоднородности докембрийских мантийных плюм-магматических структур, являвшихся источниками формирования структур центрального типа в общем виде можно представить следующим образом (рис. 7).

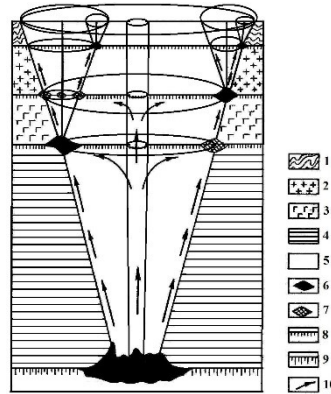


Рис. 7. Схема глубинного строения типичной мантийной плюм-магматической структуры (с «трубой дегазации» в центре), формирующего на поверхности Земли структуры центрального типа. 1 — породы «осадочного» слоя земной коры; 2 — слой земной коры с породами гранитоидного состава; 3 — слой земной коры с породами базитового состава; 4 — литосферный слой мантии Земли; 5 — астеносферный слой мантии Земли; 6 — скопление нефтяных залежей на пересечении субгоризонтальных границ физических слоев Земли и субвертикальных границ СЦТ; 7 — скопление газовых залежей на пересечении субгоризонтальных границ физических слоев Земли и субвертикальных границ в пределах палеомантийного плюма; 8 — границы, разделяющие физические слои земной коры; 9 — границы, разделяющие физические слои мантии Земли; 10 — направление субвертикального потока теплопереноса вещества мантии к поверхностным слоям Земли. Составлено автором.

Из глубин Земли, в результате относительно постепенного (в геологических масштабах времени) продвижения из мантии к поверхностным слоям Земли плюм-магматических образований (термальных мантийных плюмов) [11] образовались усеченные воронкообразные глубокозалегающие структуры литосферы. По периферийным тектоническим разломам и так называемой «трубе» дегазации [11] в центральной части мантийных плюм-магматических структур из глубин литосферы мигрируют в приповерхностные слои осадочного слоя земной коры газовые и гидротермальные флюидные потоки с содержащимися в них углеводородами простейшего химического состава (C , H_2 , CO_2 , CH_4). Подобные структуры центрального типа, сформированные мантийными плюм-магматическими структурами, были частично изучены и проанализированы в работах [11; 12]. На фрагменте схемы дешифрирования космических снимков (рис. 5) отчетливо выделяются относительно небольшие структуры центрального типа (53 — Ставропольские, 54 — Ростово-Элистинские, 56 — Крымо-Азовские), расположенные на Скифской плите и вдоль краевого шва Русской платформы (Предкавказье).

Структуры центрального типа на территории юга Русской платформы, Скифской плиты и Северо-Кавказского региона в основном сформированы образованиями фундамента гранитоидного состава. Глубинный геофизический разрез литосферы

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУР ЦЕНТАЛЬНОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ
КРЫМСКОГО, ПРЕДКАВКАЗСКОГО РЕГИОНОВ И ОЦЕНКА ИХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЕРСПЕКТИВ

пересекающий территорию Крымо-Азовского мантийного плюма (1) (по комплексу геолого-геофизических данных вдоль регионального профиля Крым-Туркмения) [13] приведен на рис. 8.

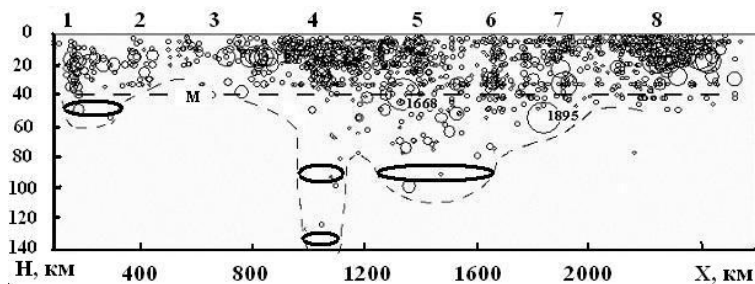


Рис. 8. Глубинный разрез литосферы, построенный вдоль регионального профиля Крым — Туркмения, по сейсмологическим данным о расположении гипоцентров землетрясений. Окружностями разного диаметра отмечены глубинные зоны расположения гипоцентров землетрясений разной магнитуды. Тонкой пунктирной линией выделены неоднородности литосферы этого региона по данным о гипоцентрах землетрясений. Толстой пунктирной линией обозначена средняя глубина (40 км) земной коры этого региона. Кольцевые глубинные зоны мантийных плюмов, выделяемые по данным о расположении гипоцентров землетрясений: 1 — верхняя часть Крымо-Азовского мантийного плюма; 2 — западная часть Индоло-Кубанской впадины; 3 — Туапсинский прогиб; 4 — зона Сунженского мантийного плюма в районе г. Грозный; 5 — зона мантийного плюма в районе Куринской впадины; 6 — западный борт Южно-Каспийской впадины; 7 — восточный борт Южно-Каспийской впадины; 8 — Ашхабадский регион Туркмении. Составлено автором по [13].

Необходимо отметить, что ранее было выявлено, что пространственное расположение многих месторождений горючих полезных ископаемых (нефть, природный газ) в различных районах Российской Федерации часто связано с бортовыми (периферическими) зонами многих структур центрального типа, в которых наблюдается повышенный тепловой поток в их бортовых зонах. Основываясь на этих исследованиях [14; 15] можно предположить, что и Ставропольские (53) и некоторые Ростово-Элистинские (54) структуры центрального типа (верхние части зон мантийных плюмов), расположенные в зоне высоких значений теплового потока, подобно Крымо-Азовским (56) структурам центрального типа, должны быть достаточно перспективными для постановки детальных геолого-разведочных работ на поиски месторождений нефти и газа.

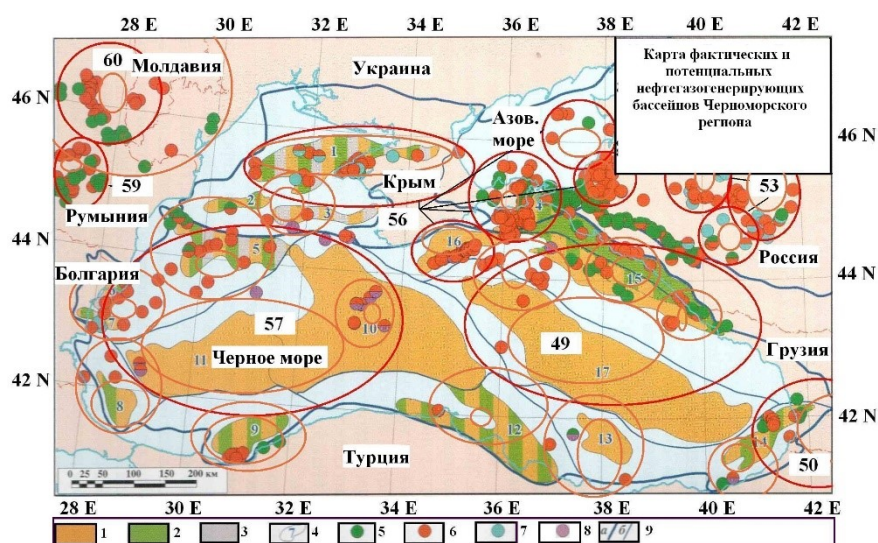


Рис. 9. Карта фактических и потенциальных нефтегазогенерирующих бассейнов Черноморского региона: Условные обозначения: нефтегазогенерирующие бассейны и возраст нефтегазоматеринских толщ: 1 — кайнозойский, 2 — мезозойский, 3 — палеозойский, 4 — контуры нефтегазогенерирующих бассейнов и их индексы; месторождения углеводородов: 5 — нефти, 6 — газа, 7 — конденсата, 8 — газогидратов, 9 — контуры нефтегазовых провинций (а) и областей (б); мелкими цифрами (синего цвета) обозначены нефтегазогенерирующие бассейны: 1 — Каркинитский, 2 — Южно-Каркинитский, 3 — Альминский, 4 — Таманский, 5 — Истрийский, 6 — Вариенский, 7 — Нижнее-Камчийский, 8 — Бургаский, 9 — Акчагоджа-Эреглийский, 10 — Западно-Черноморский, 11 — Юго-Западно-Черноморский, 12 — Синопский, 13 — Орду, 14 — Гурийский, 15 — Туапсинско-Западнокавказский, 16 — Сорокина, 17 — Восточно-Черноморский; окружностями обозначены зоны структур центрального типа: 49 — Восточно-Черноморская, 50 — Закавказские (Грузинская), 53 — Ставропольские, 56 — Крымо-Азовские, 57 — Западно-Черноморские, 59 — Прикарпатская-1, 60 — Прикарпатская-2. Составлено автором по [16].

При сопоставлении данных, приведенных на рисунках 1–5 и 9 можно сделать вывод, что большая часть эксплуатируемых в настоящее время нефтяных и газовых месторождений Крыма и Предкавказья расположены в кольцевых периферийных зонах небольших Причерноморских структур центрального типа, расположенных в периферийной кольцевой зоне Восточно-Средиземноморского гигантского мантийного плюма, изученного в статье [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам применения аэрокосмических геофизических данных, а также использования данных о значениях теплового потока на территориях юга Русской платформы, Скифской плиты и Северного Кавказа обнаружено несколько перспективных структур центрального типа (Крымо-Азовские, Сунженская, Ставропольские, Ростово-Элистинские), которые по своим магнитным, гравитационным, геотермическим и морфологическим параметрам могут быть связаны с новыми нефтегазовыми районами, по аналогии с ранее уже выявленными.

Список литературы

1. Ротанова Н. М., Харитонов А. Л., Фрунзе А. Х., Филиппов С. В, Абрамова Д. Ю. Аномальные магнитные поля, измеренные на спутнике CHAMP для территории Курской магнитной аномалии // Геомагнетизм и аэрономия. 2005. Т. 45. № 5. С. 712–719.
2. Фонарев Г. А., Харитонов А. Л., Харитонova Г. П. Использование методов пространственно-временной магнитометрии для анализа магнитного поля, измеренного на спутнике «СНАМР» // Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. 2007. № 10. С. 49–53.
3. Gravity anomaly map of Asia. Scale 1:9000000 // Published by the Aeronautical Chart and Information Center. US Air Force. 1971. 4 p.
4. Ротанова Н. М., Харитонов А. Л., Ан Ченчанг Спектральный анализ магнитного поля, измеренного на спутнике МАГСАТ // Геомагнетизм и аэрономия. 1999. Т. 39. № 3. С. 101–107.
5. Ротанова Н. М., Головкин В. П., Фрунзе А. Х., Харитонов А. Л. Анализ спутниковых измерений с помощью разложения поля на естественные ортогональные составляющие // Геомагнетизм и аэрономия. 1999. Т. 39. № 4. С. 92–99.
6. Харитонов А. Л. Геолого-геофизическая интерпретация данных анализа многоуровневых измерений геомагнитного поля и их сопоставление с особенностями разрезов глубинного сейсмического зондирования // В сборнике: Сейсмические технологии-2017. Материалы научно-практической конференции. ООО «Центр анализа сейсмических данных МГУ имени М.В. Ломоносова». 2017. С. 250–252.
7. Деменицкая Р. М., Карасик А. М., Симоненко Т. Н. Карта аномального магнитного поля России и прилегающих акваторий. Масштаб 1: 2 500 000. // Л.: ВСЕГЕИ, 1966. 1 л.
8. Смирнов Я. Б. Карта теплового потока территории СССР и сопредельных районов. М.: ГУГК, 1980. 1 л.
9. Соловьев В. В. Карта структур центрального типа территории СССР. Масштаб 1:10000000, (Объяснительная записка) // Л.: ВСЕГЕИ, 1982. 44 с.
10. Ботт М. Внутреннее строение Земли. М.: Мир, 1974. 375 с.
11. Валяев Б. М. Углеродная дегазация Земли, геотектоника и происхождение нефти и газа (признание и развитие идей П.Н. Кропоткина). Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений. // Материалы Всерос. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения П.Н. Кропоткина. М.: ГЕОС, 2011. С. 10–32.
12. Гаврилов С. В. Проникновение теплового диапира в континентальную литосферную плиту из неньютоновской верхней мантии // Физика Земли. 1994. № 7–8. С. 18–26.
13. Вольвовский И. С., Вольвовский Б. С. Разрезы земной коры территории СССР по данным глубинного сейсмического зондирования. М.: Советское радио, 1975. 264 с.
14. Сейфуль-Мулюков Р. Б. Нефть и газ. Глубинная природа и ее прикладное значение. М.: Торус Пресс, 2012. 216 с.
15. Тимурзиев А. И. К созданию новой парадигмы нефтегазовой геологии на основе глубинно-фильтрационной модели нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции // Геофизика. 2007. № 4. С. 49–60.

16. Глумов И. Ф., Гулев В. Л., Сенин Б. В., Карнаухов С. М. Региональная геология и перспективы нефтегазоносности Черноморской глубоководной впадины и прилегающих шельфовых зон. М.: Недра, 2014. 181 с.
17. Eppelbaum L. V., Zvi Ben-Avraham, Katz Yu., Kaban M. K. Giant Quasi-Ring Mantle Structure of the African-Arabian Junction Results Derived from the Geological-Geophysical Data Integration // *Geotectonics*. 2021. Vol. 55. no. 1. pp. 58–82. Doi: 10.1134/S0016852121010052

**STUDY OF CENTAL-TYPE STRUCTURES ON THE TERRITORY OF THE
CRIMEAN, PRE-CAUCASIAN REGIONS AND ASSESSMENT
OF THEIR OIL AND GAS PROSPECTS**

Kharitonov A. L.

*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian
Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
E-mail: ahariton@izmiran.ru*

The need to increase the efficiency of geological exploration for the search for new hydrocarbon deposits in the Crimean and Pre-Caucasian regions requires the use of a comprehensive analysis of various geological and geophysical data. The relevance of the article lies in the use of remote geophysical methods for geological mapping of central-type structures hidden by rocks of the sedimentary layer of the Earth's crust, which can significantly increase the informativeness of predictive prospecting studies of oil-prospective regions. The purpose of this article is to test experimentally, using geomagnetic, gravitational and heat flow data, the hypothesis of a correlation between the spatial location of deposits of gaseous and liquid hydrocarbons and structures of the central type, which are the outlet to the surface of the basement of the Earth's crust of the upper part of thermal mantle plumes. Methods of calculating synthesized values of the main magnetic field, methods of filtering them from the measured geomagnetic field, rejection of substandard data by the method of natural orthogonal components and methods of spectral analysis were used as methods of processing aerospace geomagnetic measurements. It was found that there is a reliable correlation between the results of decoding satellite images and geophysical fields (magnetic, gravitational, heat flux field), as well as with geological materials depicted on regional geological maps. The possible natural tectonic-magmatic processes that led, in the Precambrian geological and chronological periods of the Earth's evolutionary transformation, to the formation of structures of the central type are briefly considered. According to the results of geological and geophysical interpretation of seismological data, the deep structure of thermal mantle plumes - "root" heterogeneities of central-type structures located on the territory of the Crimean and Caucasian regions is shown. It is revealed that the spatial location of many deposits of combustible minerals (oil, natural gas) is associated with the on-board (peripheral) zones of many central-type structures, in which there is an increased heat flow in their on-board zones. As a result, it was shown that geomagnetic, gravitational, and heat flow data can be used to search and study the structure of central-type structures on the territory of the Crimean and Pre-Caucasian regions and analyze their oil and gas prospects.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУР ЦЕНТАЛЬНОГО ТИПА НА ТЕРРИТОРИИ
КРЫМСКОГО, ПРЕДКАВКАЗСКОГО РЕГИОНОВ И ОЦЕНКА ИХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЕРСПЕКТИВ

Keywords: geology, geomagnetic, gravitational fields, heat flow, central type structures, hydrocarbon.

References

1. Rotanova N. M., Kharitonov A. L., Frunze A. H., Filippov S. V., Abramova D. Y. Anomal'nye magnitnye polya izmerennye na sputnike CHAMP dlia territorii Kurskoy magnitnoy anomalii. Geomagnetizm i aeronomiya. 2005. Vol. 45. no. 5. pp. 712–719. (in Russian).
2. Fonarev G. A., Kharitonov A. L., Kharitonova G. P. Ispol'zovanie metodov prostranstvenno-vremennoy magnitometrii dlya analiza magnitnogo polya izmerennogo na sputnike CHAMP. Vestnik Kamchatskoy regionalnoy organizatsii Uchebno-Nauchnyy tsentr. Seria: Nauki o Zemle. 2007. no. 10, pp. 49–53. (in Russian).
3. Gravity anomaly map of Asia. Scale 1:9000000. Published by the Aeronautical Chart and Information Center. US Air Force. 1971. 4 p.
4. Rotanova N. M., Kharitonov A. L., Chang A. T. Spectral'nyy analiz magnitnogo polya, izmearenno na sputnike MAGSAT. Geomagnetizm i aeronomiya. 1999. Vol. 39. no. 3. pp. 363–368. (in Russian).
5. Rotanova N. M., Golovkov V. P., Frunze A. Kh., Kharitonov A. L. Analiz sputnikovyykh izmereniy s pomosh'yu razlozheniya polya na estestvennye ortogonal'nye sostavlyayushie. Geomagnetizm i aeronomiya. 2005. Vol. 45. no. 5. pp. 712–719. (in Russian).
6. Kharitonov A. L. Geologo-geofizicheskaya interpretatsiya dannykh analiza mnogourovnevnykh izmereniy geomagnetnogo polya i ikh sopostavlenie s osobennostyami razrezov glubinnogo seismicheskogo zondirovaniya. V sbornike: seismicheskie tekhnologii-2017. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii. LLC "Tsentr analiza seismicheskikh dannikh Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta im. M.V. Lomonosova". 2017. pp. 250–252. (in Russian).
7. Dement'skaya R. M., Karasik A. M., Simonenko T. N. Karta anomal'nogo magnitnogo polya Rossii i prilegayushikh akvatoriy. Masshtab 1:2 500 000. Leningrad: VSEGEI, 1966. (in Russian).
8. Smirnov Ya. B. Karta teplovogo potoka territorii SSSR i prilegayushikh regionov. Masshtab 1: 10 000 000. Moskva: GUGK, 1980. 1 p. (in Russian).
9. Solov'ev V. V. Karta struktur tsentral'nogo tipa territorii SSSR. Masshtab 1: 10000000, (Ob'yasnitel'naya zapiska). Leningrad: VSEGEI, 1982. 44 p. (in Russian).
10. Bott M. Vnutrennee stroenie Zemli. Moskva: Mir, 1974. 375 p. (in Russian).
11. Valyaev B. M. Uglevodorodnaya degazatsiya Zemli, geotektonika i proiskhozhdenie nefi i gaza (priznanie i razvitie idey of P.N. Kropotkina). Degazatsiya Zemli i genesis neftegazovykh mestorojdeniy: Mater. Vseros. konf., posvyash. 100-letiyu so dnya rojdeniya P.N. Kropotkina. Moskva: GEOS, 2011. pp. 10–32. (in Russian).
12. Gavrilov S. V. Pronikновение teplovogo diapira v kontinental'nyu litosfernyu plitu iz ne-Nutonjvskoy verkhney mantii. Fizika Zemli. 1994. no. 7–8. pp. 18–26. (in Russian).
13. Volvovskiy I. S., Volvovskiy B. S. Razrezy zemnoy kory territorii SSSR po dannym glubinnogo seismicheskogo zondirovaniya. Moskva: Sovetskoe Radio, 1975. 264 p. (in Russian).
14. Seiful-Mulyukov R. B. Neft' i gaz: Glubinnaya priroda i ee prikladnoe znachenie. Moskva: Torus Press, 2012. 216 p. (in Russian).
15. Timurziev A. I. K sozdaniyu novoy paradigmy neftegazovoy geologii na osnove glubinno-fil'tratsionnoy modeli neftegazoobrazovaniya i neftegazonakopleniya. Geofizika. 2007. no. 4. pp. 49–60. (in Russian).
16. Glumov I. F., Gulev V. L., Senin B. V., Karnaukhov S. M. Regional'naya geologiya i perspektivy neftegazonosnosti Chernomorskoy glubokovodnoy vpadiny i prilegayushikh shel'fovykh zon. Part 2. Moskva: Nedra, 2014. 181 p. (in Russian).
17. Eppelbaum L. V., Zvi Ben-Avraham, Katz Yu., Kaban M. K. Giant Quasi-Ring Mantle Structure of the African-Arabian Junction Results Derived from the Geological-Geophysical Data Integration. Geotectonics. 2021. Vol. 55. no. 1. pp. 58–82. Doi: 10.1134/S0016852121010052.

Поступила в редакцию 27.07.2022 г.

**РАЗДЕЛ 3.
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ**

УДК 551.435.83 (528.94)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ
СНИМКОВ С ЦЕЛЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ
ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА**

Вахрушев Б. А.¹, Кунов А. А.², Кунов В. А.³

^{1,2,3}Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

E-mail: ¹vakhb@inbox.ru, ²kunovaleksej@gmail.com

В работе приведена методика дешифрирования поверхностных карстовых форм (ПКФ) рельефа (карстовых воронок и котловин). Применены различные способы картирования результатов дешифрирования, с последующим анализом морфометрических параметров карстовых форм. На основании морфометрических показателей ПКФ и их размещения на поверхности карстового массива Караби (Горный Крым), дана морфологическая характеристика условий и особенностей пространственного развития поверхностного карста изучаемой территории. В последующем, применение данной методики послужит основой проведения региональной комплексной морфологической характеристики карстовых форм Горного Крыма.

Ключевые слова: дешифрирование, поверхностная карстовая форма рельефа (ПКФ), морфологический анализ, морфометрические показатели, плотность поверхностных карстовых форм, поверхностная площадная закарстованность, коэффициент поверхностной закарстованности.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие геоинформационного программного обеспечения и методов дистанционного зондирования Земли дает возможность наносить на цифровые модели рельефа огромный массив карстологических данных, в частности, карстовых форм, придавать им площадные и объемные характеристики, работать с этими параметрами и информативно переносить результат обработки на картографические материалы [1].

В настоящей статье показана методика работы с данными открытых спутниковых съемок Земной поверхности для целей дешифрирования и последующего картирования поверхностных карстовых форм рельефа с учетом разрешающей способности используемых методов дистанционного позиционирования. При этом основными методами исследования выступил комплекс дешифрирования космических снимков, картографический метод и пространственный анализ морфометрических параметров поверхностного карста.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ С ЦЕЛЬЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ФОРМ

Для проведения анализа условий развития поверхностных карстовых форм за основные формы рельефа, распространенные на территории объекта исследования, принимаются карстовые воронки и котловины [1, 2].

Самому анализу морфометрических показателей карстовых воронок, предшествует дешифрирование космических снимков Yandex на предмет карстовых воронок по ряду прямых и косвенных признаков, фиксация границ воронок и нанесение их на спутниковый снимок в качестве отдельного слоя полигональных поверхностей [3].

Следующим этапом является картирование воронок на поверхность гипсометрической картосхемы карстового массива Караби, построенной в ходе обработки растрового файла спутниковой съемки SRTM.

Используя полученные данные, с помощью ГИС программ QGIS и SAGA GIS, имеющих открытый код, строится серия картосхем, наглядно демонстрирующих распределение воронок по поверхности карстового массива, а также степени его поверхностной закарстованности.

Картосхемы площадной поверхностной закарстованности строятся с помощью применения метода «скользящего окна»: первым этапом является разбивка поверхности изучаемого массива на систему равновеликих квадратов с длиной стороны 1 км, именуемых в дальнейшем операционно-территориальными единицами (ОТЕ). На втором этапе для каждой ОТЕ подсчитывается сумма значений, после чего полученные значения суммируются в «скользящем окне», состоящих из четырех смежных операционных единиц. Далее для построения картосхемы площадной поверхностной закарстованности определяется среднее арифметическое значение оценочного показателя «скользящего окна» с последующим нанесением полигонов и изолиний показателей закарстованности массива [1].

Картосхемы плотности воронок выполнялись путем построения изолиний, замыкающих площади с одинаковой плотностью ПКФ для каждой ОТЕ.

ДЕШИФРОВАННЫЕ ПРИЗНАКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ФОРМ РЕЛЬЕФА И АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КАРТОСХЕМ

В результате растворения карстующихся пород поверхностными и подземными водами, формируется особый генетический тип рельефа, представленный парагенетически развивающимися поверхностными и подземными карстовыми формами [2].

На космических и аэрофотоснимках, в том числе, доступных для открытого пользования, спутниковых снимков от Google и Яндекс, формы поверхностного карста, в частности карстовые воронки и котловины, опознаются без особого труда, так как выражаются в рельефе прямыми признаками (рис 1) [3].

Отсутствие лесного покрова на вершинах Крымских гор (которые, в силу литолого-геоморфологических особенностей, в первую очередь подвержены процессу карстообразования) способствует дешифрированию открытых форм карста

и установлению основных характеристик карстовых воронок и котловин (размеры в плане, площадь, крутизну склонов). По резкости и яркости изображения карстовых форм, наличию или отсутствию растительного покрова на кромке и на дне карстовых воронок, наложению одних форм на другие, существует возможность примерной оценки возраста — определение древних, более молодых и современных, активно развивающихся в данный момент поверхностных карстовых форм [3].

Что касается микроформ карстового рельефа (карры и карровые поля), то по спутниковым и аэрофотоснимкам мелкого масштаба возможно дать только примерную оценку площади распространения и активности развития данных форм. Следовательно, их дешифровка и отображение на картосхемах, в рамках данного исследования, нецелесообразна [1].

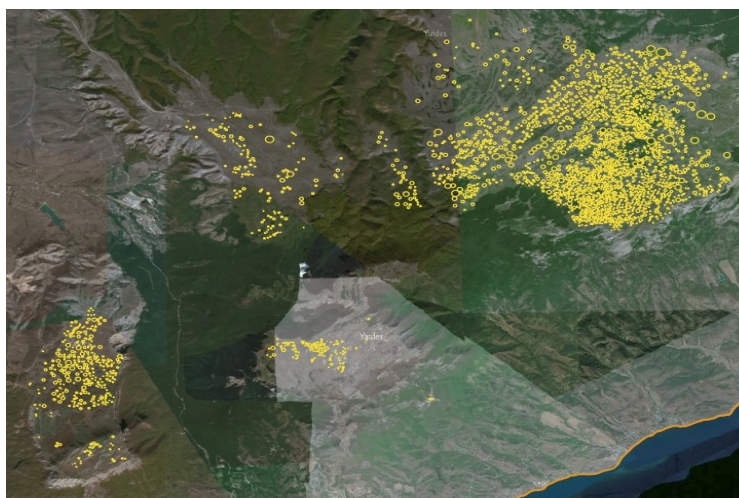


Рис 1. Пример дешифрирования спутникового снимка Yandex с использованием программы QGIS, включающего карстовые массивы Чатыр-Даг, Демерджи, Долгоруковский и Караби.

Построению требуемых картосхем, предшествует процесс подготовки растрового файла спутниковой съемки SRTM, который служит в качестве математической основы, так как имеет привязку к системе географических координат и может быть использован для построения картосхем масштабом до 1:50 000 [4].

Подготовительный этап включает в себя перепроецирование растрового изображения SRTM из исходной системы координат WGS84 в WGS84/UTM zone 36N, на плоскость карты. Полученный растровый слой переводится в псевдоцветное отображение гипсометрических уровней карстового массива Караби, на его поверхность наносятся площади карстовых воронок, с целью большей наглядности результата дешифровки (рис. 2) [4].

Далее, в программе QGIS строится сетка с шагом $1 \times 1 \text{ км}^2$ для подсчета параметров плотности карстовых воронок (шт/км²) и поверхностной закарстованности, рассчитываемой по формуле:

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ
СНИМКОВ С ЦЕЛЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ
ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

$$K_s = S_k/S \quad (1)$$

где K_s — коэффициент площадной закарстованности, S — площадь карстового массива, m^2 . S_k — площадь карстовых воронок или котловин, m^2 .

Данная формула введена Л. В. Голубевой. Для более информативного представления о степени закарстованности, а также оценки степени карстоопасности, данный коэффициент может переводиться в процентное выражение [5, 6].

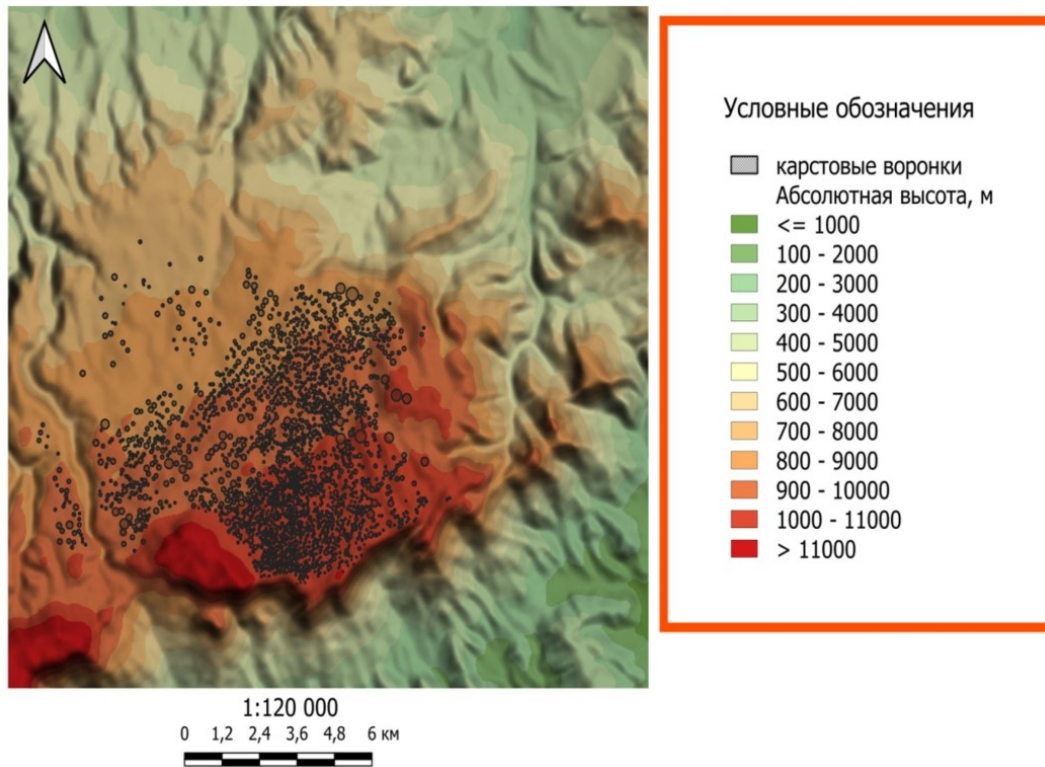


Рис. 2. Размещение карстовых воронок по результатам дешифрирования на поверхности горного массива Караби.

Затем полигональная сетка преобразуется в центроид — из каждой ячейки извлекается информация о плотности, закарстованности и переводится в сеть точек, содержащих в таблице атрибутов сведения искомым величин. После чего, файл с центроидами загружается в программу SAGA GIS. Так как в процессе практической деятельности авторов, инструменты интерполяции данной программы зарекомендовали себя лучше, первичный растровый слой интерполяции по каждому из показателей был построен именно в данной программе. Выходные картосхемы

выполнялись в QGIS на основе интерполированных данных центроидов, сгенерированных в SAGA GIS. Полученные изображения оформлялись с помощью инструмента по созданию макета карт в QGIS (рис. 3. А–Б).

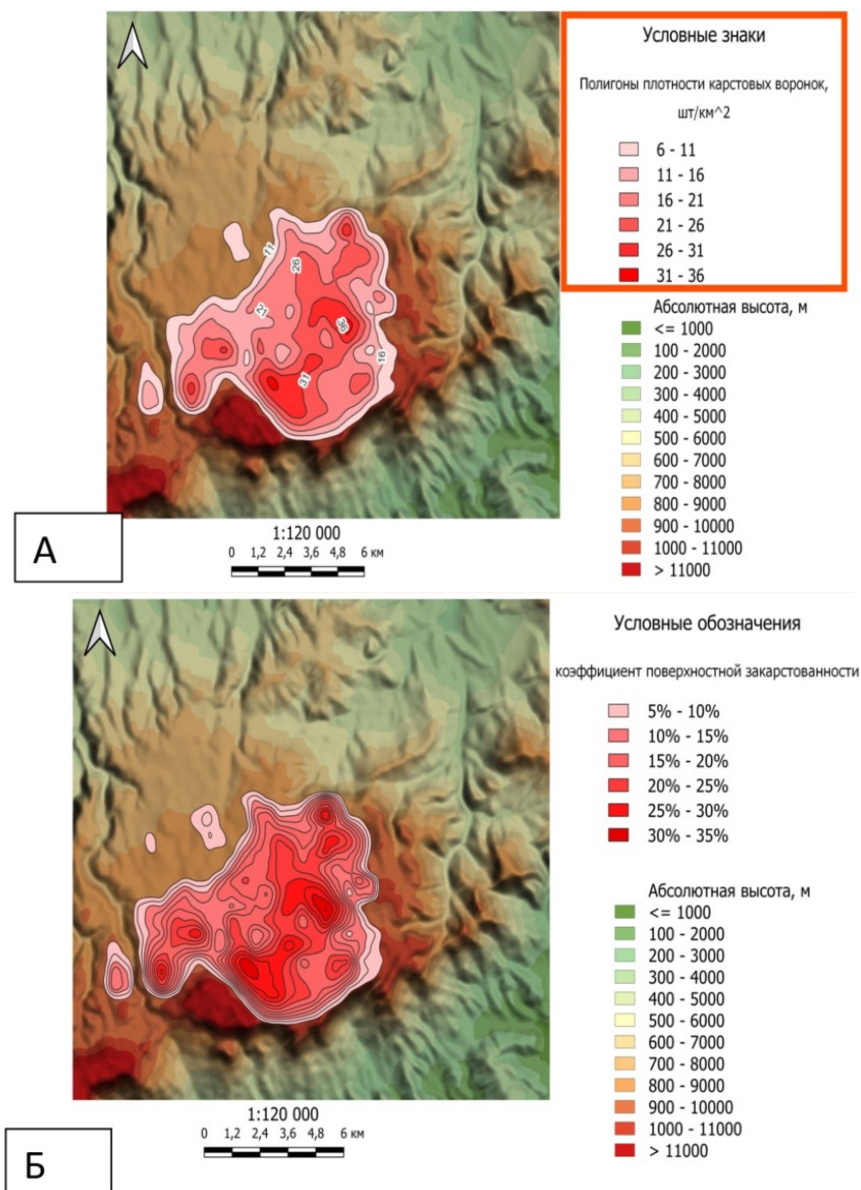


Рис. 3. Площадная поверхностная закарстованность горного массива Караби.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ
СНИМКОВ С ЦЕЛЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ
ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

**АНАЛИЗ КАРТОСХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ КАРСТОВЫХ ВОРОНОК ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕШИФРИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ**

Построенные картосхемы, отражая пространственное распределения ПКФ, открывают возможность получения морфометрических данных, позволяющих провести морфологический анализ поверхностных карстовых форм, изучить и систематизировать факторы, задающие пространственные рамки их развития на поверхности горного массива Караби.

При построении данных картосхем использовался растровый файл спутниковой съемки SRTM, что позволило получить информацию о распределении карстовых воронок и котловин, в зависимости от показателей гипсометрии, крутизны склона и его экспозиции [4].

Используя инструменты QGIS, связывающие пространственное расположение атрибутов гипсометрических уровней массива Караби с ареалами площадей карстовых воронок, установленных в процессе дешифрирования, получаем таблицу зависимости распространения поверхностных карстовых форм от гипсометрического уровня горного массива (табл. 1):

Таблица 1.

Распределение поверхностных карстовых форм в зависимости от
гипсометрии горного массива Караби

Гипсометрический уровень, м	Кол-во воронок (единиц)	Площадь воронок, м ²
0	0	0
100	0	0
200	0	0
300	0	0
400	0	0
500	0	0
600	0	0
700	19	164077
800	364	2736781
900	857	5745981
1000	1175	4085458
1100	3	6295
1200	1	4823
Итого	2419	12743415

Методом дешифрирования спутниковых снимков было закартировано 2 419 карстовых воронок и котловин, общей площадью порядка 12,7 км². Поверхностные карстовые формы рельефа распространены по территории горного массива

неравномерно и получают свое развитие с абсолютных отметок в 700 метров. Карстовые воронки достигают наибольшей численности в пределах гипсометрических уровней 900-1000 метров, с последующим резким спадом на уровнях более 1100 метров (рис. 4).

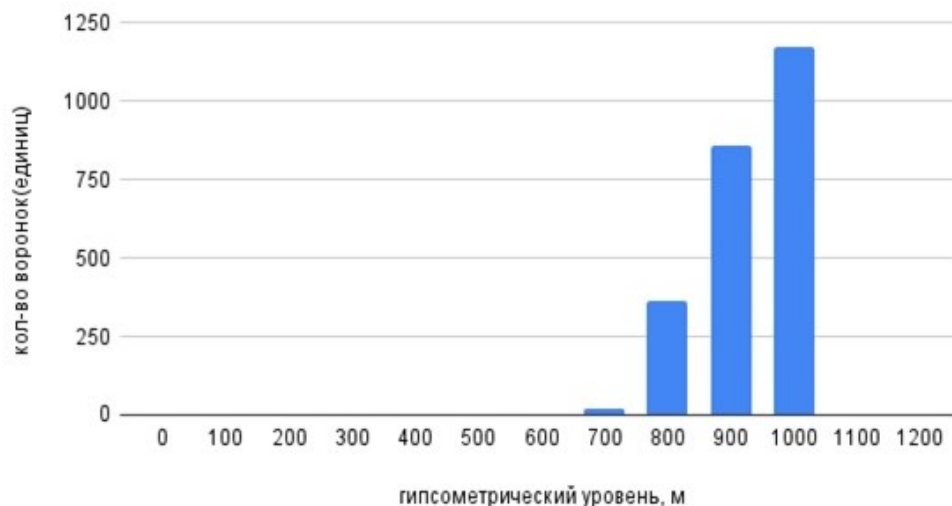


Рис. 4. Распределение карстовых воронок относительно гипсометрических ступеней массива Караби.

На основании показателей распределения количества и площадей карстовых воронок и котловин по гипсометрическим уровням Караби, был рассчитан коэффициент корреляции(r_{xy}). Значения коэффициента корреляции интерпретируются исходя из его абсолютных значений. Возможные значения коэффициента корреляции варьируют от 0 до ± 1 . Чем больше абсолютное значение коэффициента — тем выше теснота связи между двумя сравниваемыми величинами. Для оценки тесноты, или силы, корреляционной связи обычно используют общепринятые критерии, согласно которым абсолютные значения $r_{xy} < 0.3$ свидетельствуют о слабой связи, значения r_{xy} от 0.3 до 0.7 — о связи средней тесноты, значения $r_{xy} > 0.7$ — о сильной связи [7].

Расчет коэффициента корреляции с целью анализа зависимости распределения плотности и площадей карстовых воронок и котловин от гипсометрических уровней массива показал связь средней тесноты, а именно 0,43 и 0,41 соответственно.

Такая особенность распределения поверхностных карстовых форм предположительно связана с геоморфологическим строением массива Караби, состоящего из Нижнего плато, занимающего порядка 80% поверхности яйлы и охватывающего диапазон высот от 700–1100 метров над уровнем моря, где проходят самые интенсивные процессы поверхностного карстования, и Верхнего плато (хребет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ С ЦЕЛЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

Кара-Тау), разделенного седловиной на две примерно равные части с высшей точкой всего карстового массива — г. Тай-Коба (1259 м). Верхнее плато занимает высотные ступени 1100–1259 метров и слабо подвержены карстованию.

Следующим важным морфометрическим параметром, полученным с гипсометрической картосхемы и влияющим на образование поверхностных карстовых форм, является крутизна склонов.

Считается, что карстовые воронки на склонах крутизной более 15 градусов не образуются. Б. Н. Иванов отмечает факт отсутствия поверхностных карстовых форм на склонах карстовых массивов Крымских Гор с уклоном склона более 12 градусов [8].

Авторами, была составлена картосхема крутизны склонов карстового массива Караби, согласно классификации С. С. Воскресенского (рис. 5).



Рис. 5. Распространение поверхностных карстовых форм в зависимости от крутизны склона по поверхности горного массива Караби.

Полученные данные визуально отразили связь поверхностных карстовых форм рельефа с крутизной склонов: карстовые воронки развиваются в большей степени на Нижнем плато Караби на склонах до 15 градусов. На очень крутых склонах ($\alpha \geq 35^\circ$), воронки полностью отсутствуют, что связано со значительной степенью расчлененности рельефа и высокой скоростью протекания склоновых процессов обуславливающих активную денудацию склонов.

На крутых склонах ($\alpha=15-35^\circ$) было зафиксировано всего 3 карстовые воронки (табл. 2). Данный факт указывает на разницу в скоростях протекания склоновых и карстовых процессов. Следовательно, по крутизне склона, на котором заложена карстовая воронка, можно судить о ее относительном возрасте.

Таблица 2.

Распределение карстовых воронок массива Караби
в зависимости от крутизны склона

Крутизна склона	Количество воронок, шт.
близкие к горизонтальным	858
очень пологие	1020
пологие	493
средней крутизны	45
крутые	3
очень крутые	0
Итого воронок	2419

В то же время, низкая плотность поверхностных карстовых форм, начиная с отметки 1100–1200 метров, обусловлена высокой степенью расчлененности и уклона поверхности (более 15°) склонов хребта Тай-Коба, что является исключаяющим фактором формирования поверхностных карстовых форм и обуславливает ведущую роль склоновых процессов для данного участка горного массива.

С целью отражения зависимости распространения карстовых воронок района исследования от параметров крутизны, на основании таблицы атрибутов полученной картосхемы был рассчитан коэффициент корреляции и составлена диаграмма (рис. 6).

Коэффициент парной корреляции зависимости распространения карстовых воронок от крутизны склона показал сильную линейную зависимость процессов поверхностного карстования от уклона поверхности и составил 0,87.

Данная зависимость распространения ПКФ от крутизны склонов, а также, слабая связь процессов поверхностного карстования с показателями гипсометрии массива, отсутствие карстовых воронок на отдельных пологих участках нижних ступеней еще раз доказывает позднее включение нижнего высотного уровня плато (до 800 м) в процессы поверхностного карстования [9].

Такая особенность может быть связана с предполагаемым перекрытием глинистыми отложениями в эпоху терригенного осадконакопления раннемелового периода развития Горного Крыма. Таким образом, высотная ступень 700-800 м. Нижнего плато была законсервирована водоупорным горизонтом и выключена из процессов поверхностного карстования в плоть до эрозионно-денудационной эпохи плиоцен-раннеплейстоценового времени развития Крымских Гор [9].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ
СНИМКОВ С ЦЕЛЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ
ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

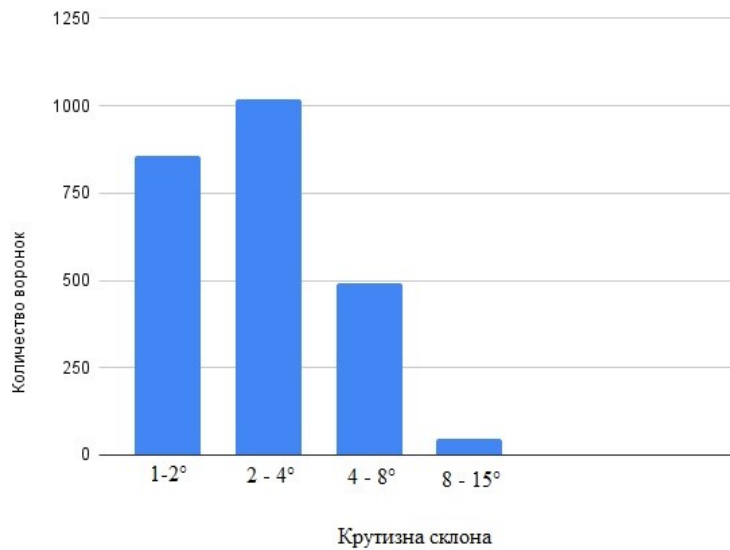


Рис. 6. Диаграмма распределения кол-ва карстовых воронок относительно крутизны склонов массива Караби.

Следующий показатель, определяющий направление пространственного развития ПКФ, является экспозиция склона [2; 10]. На базе SRTM, в QGIS была построена экспозиция склонов карстового массива Караби (рис. 7). Анализ рельефа объекта исследования показал, что для данной территории характерны склоны северо-западной (17,2%), северной (14%) и северо-восточной экспозиции (15,1%).

Таким образом, на их долю выпадает 46,3 % площади всех склонов, относящихся к массиву Караби (рис. 8), что связано с геолого-геоморфологическим строением карстового массива, представляющим собой моноклираль, выраженную в рельефе классической куэстой с пологими склонами северной экспозиции и обрывистыми южными и юго-восточными склонам.

Число размещения карстовых воронок по склонам различной экспозиции фактически прямо пропорционально площади, занимаемой этими склонами по территории массива (рис. 9). На долю склонов северо-западной экспозиции приходится 20% всех дешифрированных поверхностных карстовых форм. На склоны северной и северо-восточной экспозиции приходится по 16 и 13% процентов соответственно.

Коэффициент корреляции зависимости распространения карстовых форм от экспозиции склона равняется 0,84 и указывает на значимую тесную связь данного показателя с процессом поверхностного карстообразования. Это обусловлено влиянием экспозиции на целый ряд факторов, влияющих на развитие поверхностных карстовых форм, таких как распределение атмосферных осадков, господствующих ветров, продолжительности солнечного сияния, поступление и распределение солнечной радиации.

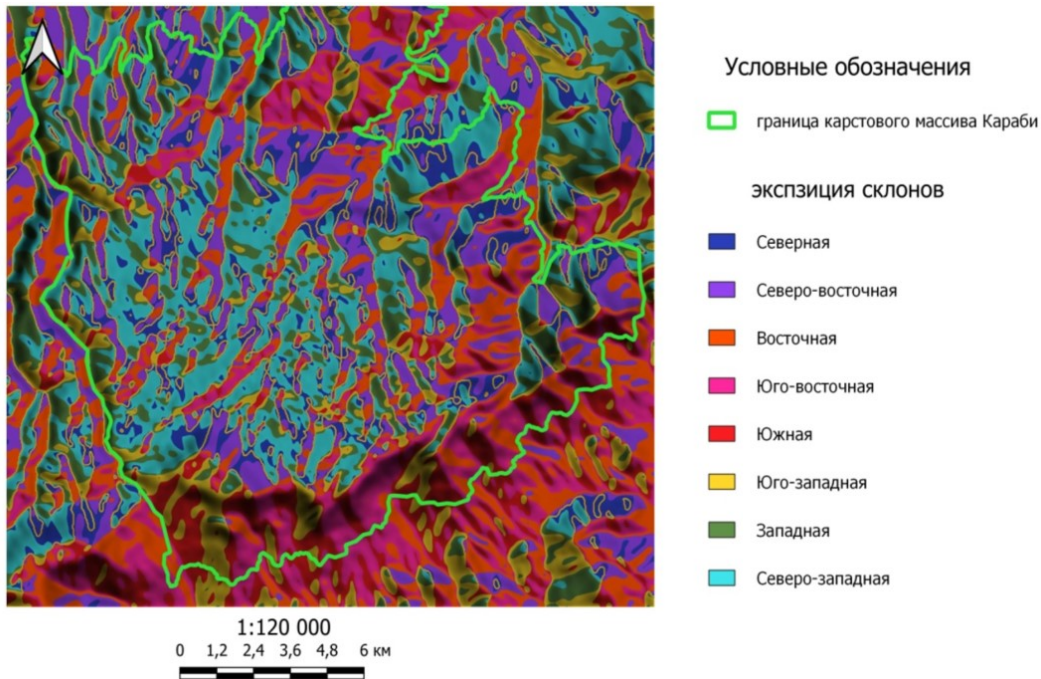


Рис. 7. Экспозиция склонов карстового массива Караби.



Рис. 8. Доля занимаемой склонами массива Караби экспозиции.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ
СНИМКОВ С ЦЕЛЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ
ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

**АНАЛИЗ КАРТОСХЕМЫ ПЛОТНОСТИ КАРСТОВЫХ ВОРОНОК И
КОТЛОВИН**

Карстовые воронки приурочены к приповерхностной зоны аэрации в сочетании с участками, имеющими максимальную степень трещиноватости карстующихся пород обуславливающих развитие эпикарста. Следовательно, аномалию различной плотности и степени закарстованности участков с одинаковыми показателями крутизны и экспозиции склонов, необходимо рассмотреть с позиции разницы степени трещиноватости верхнеюрских известняков [1, 2, 11, 12, 13]. Для отражения зависимости распространения ПКФ от литолого-геологической обстановки, картосхема плотности карстовых воронок была совмещена с Государственной геологической карты ВСЕГЕИ масштабом 1:200 000 [14] (рис. 10).

Полученная картосхема отражает характер залегания маркирующих горизонтов слоистых и брекчированных верхнеюрских известняков, отличающихся высокой степенью трещиноватости, совпадающим с направлением и характером развития карстовых воронок (с поправкой на условия крутизны и экспозиции склонов).

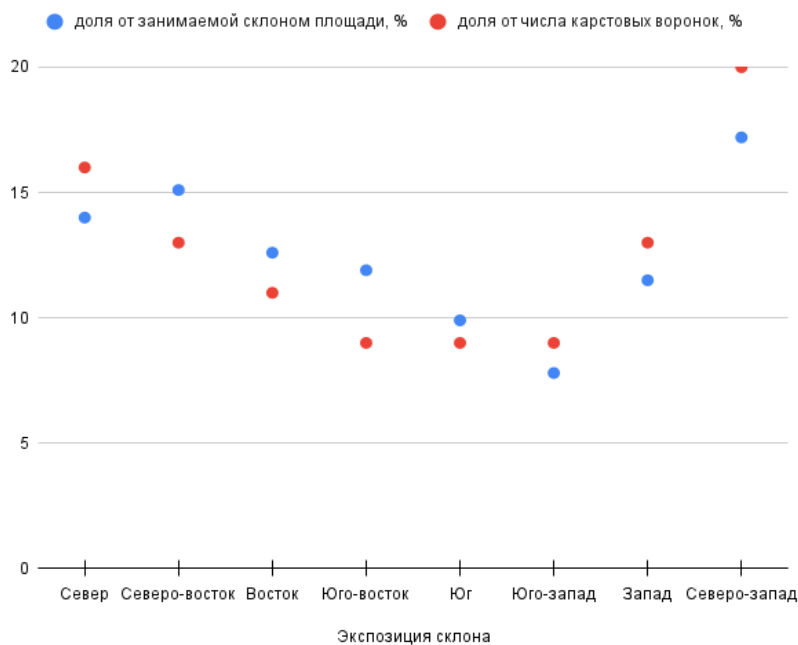


Рис. 9. Разброс числа карстовых воронок от площадей склонов различной экспозиции.

Данные факторы: сочетание приповерхностной зоны аэрации с зонами трещиноватости маркирующих горизонтов, косвенно указывают на близость разломных спелеоиницирующих участков, каналов растворения эмбриональных и крупных полостей [1, 2, 12, 13].

Следовательно, показатели высокой плотности карстовых воронок указывают на места вскрытия и выполнения подземных полостей и могут быть использованы с целью прогнозирования и поиска новых пещер, в частности нивально-коррозионного типа, что обусловлено генетической близостью с процессом образования воронок.

Высотная ступень 700-800 м сложена хорошо карстующимися верхнеюрскими известняками, и отличается благоприятными показателями крутизны и экспозиции склонов. Однако, данный гипсометрический уровень отстает по показателям плотности и площадной поверхностной закарстованности от других высотных ступеней. Это объясняется тем, что на этом уровне известняки длительное геологическое время были перекрыты нижнемеловыми глинами, занимающие в настоящее время, нижнюю часть восточного и северо-восточного склон массива.

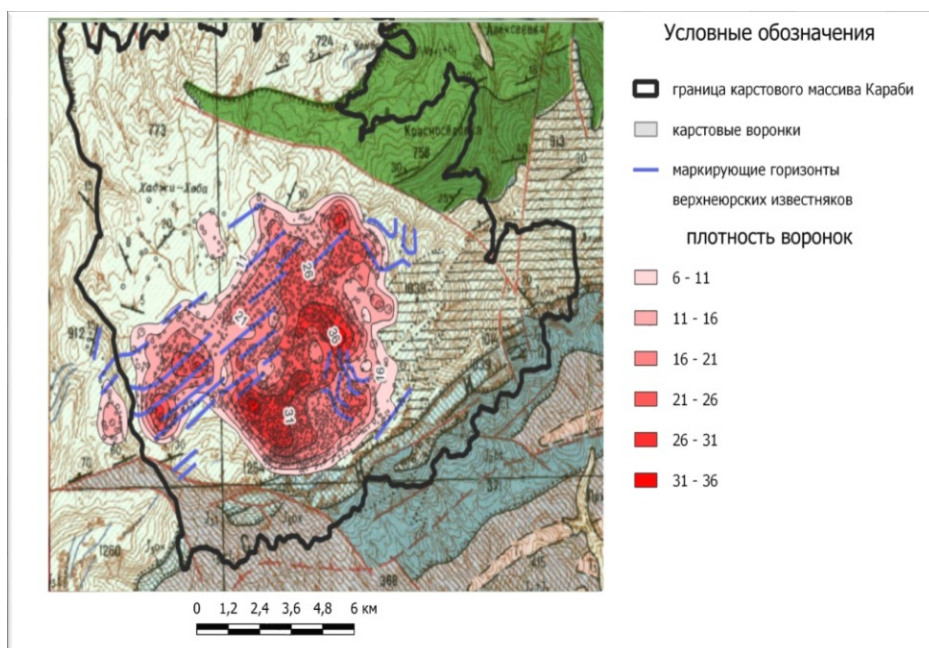


Рис. 10. Картограмма наложения плотности карстовых воронок на фрагмент геологической карты.

Таким образом, именно нижнемеловые глинистые отложения служили водоупорным горизонтом, который препятствовал единому временному включению в процессы поверхностного карстования всей территории нижнего плато массива Караби [9]. И только в середине геоморфологического этапа (плиоцен-раннеплейстоцен) развития Крымских гор, после размыва глинистых отложений и вскрытия карстующихся известняков, нижняя высотная ступень плато Караби (700–800 м) была вовлечена в процесс образования поверхностных карстовых форм.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ С ЦЕЛЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

ВЫВОДЫ

Рассмотренная методика работы с данными спутниковых съемок земной поверхности для целей картирования и последующего комплексного морфометрического анализа поверхностных карстовых форм с помощью средств геоинформатики, показала достаточно высокую информативность.

На основании серии картосхем, составленных авторами, и расчета коэффициентов парной корреляции различных морфометрических показателей, были установлены морфогенетические особенности развития поверхностного карста массива Караби: результаты проведенного анализа показали тесную и значимую связь распространения поверхностных карстовых форм от показателей крутизны и экспозиции склонов, а также указал на нелинейную, тесную связь распределения ПКФ в зависимости от высотных ступеней, при прочих равных показателях крутизны и экспозиции. Данный факт свидетельствует о разнице во времени включения отдельных гипсометрических уровней в процесс поверхностного карстообразования.

В целом, разработанная методика, достаточно информативно, комплексно и детально передает характер и особенности размещения поверхностных форм карстового рельефа, позволяет включать огромный массив морфометрических данных ПКФ в цифровую модель рельефа и проводить математические операции с совокупностью этих параметров.

Перспективность дальнейших работ по разработке методов картирования карстового рельефа средствами ГИС открывает возможность проведения комплексного регионального морфогенетического анализа карста Горного Крыма.

Список литературы

1. Амеличев Г. Н. Морфометрический анализ карста на нижнем плато массива Чатырдаг (Горный Крым) // Свет. 2007. № 1 (32). С. 16–21.
2. Вахрушев Б. А. Морфологический анализ поверхностного карста Крымских гор // Культура народов Причерноморья. 2002. №35. С. 15–20.
3. Миртова И. А. Учебное пособие по курсу «Дешифрирование снимков». Изучение динамики природных процессов и объектов по аэро- и космическим снимкам // М., МГУГиК, 2006. 77 с.
4. Вахрушев Б. А., Кунов А. А., Кунов В. А., Швалеев В. Н. Особенности подготовки растровых файлов спутниковой съемки SRTM для работы в ГИС – карстовый рельеф на примере гипсометрического районирования карстового массива Караби (Горный Крым) // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2022. Том 8(74). №1. С. 219–224.
5. Максимович Г. А. Методы изучения карста // Ученые записки Молотовского государственного университета им. А. М. Горького. Пермь. 1956. Том 10. Вып. 2. С. 19–36.
6. Толмачев В. В. Троицкий Г. М. Хоменко В. П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий. М: Стройиздат, 1986. 176 с.
7. Бочаров М. К. Методы математической статистики в географии. М.: Мысль, 1971. 375 с.
8. Иванов Б. Н., Зенгина С. М. Применение морфометрического анализа к изучению современных физико-географических процессов (на примере Горного Крыма) // Вопросы морфометрии. 1967. Вып. 2. С. 10–16.
9. Вахрушев Б. А. Палеогеография Крыма в свете новейших карстолого-спелеологических исследований // Культура народов Причерноморья. 2001. №17. С. 11–20.
10. Симонов О. Е. Морфометрический анализ рельефа // Изд-во: СГУ, 1998 г., 272 с.

11. Токарев С. В. Уязвимость карстовых подземных вод Горного Крыма к загрязнению: выявление, оценка и картирование / Токарев Сергей Викторович. Дисс. на соискание ученой степени кандидата географических наук. Симферополь, 2021.
12. Климчук А. Б. Роль приповерхностной зоны карстовых массивов в гидрогеологии и морфогенезе карста // К.: ИГН АН УССР, 1989. 37 с.
13. Williams P.W. The role of the subcutaneous zone in karst hydrology // J. of hydrology, 1983, t.61. p. 17–21.
14. Цифровой каталог государственных геологических карт Российской Федерации масштаба 1: 200 000 (второе поколение) // Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского. [Электронный ресурс]: URL: <http://vsegei.ru> (дата обращения: 15.12.2021).

**USING THE METHOD OF DECODING SATELLITE IMAGES IN ORDER TO
MAP SURFACE KARST FORMS AND SUBSEQUENT SPATIAL ANALYSIS OF
THE NATURE OF THEIR PLACEMENT**

Vakhrushev B. A.¹, Kunov A. A.², Kunov V. A.³

*^{1,2,3}V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: ¹vakhb@inbox.ru, ²kunovaleksej@gmail.com*

Currently, the development of geoinformation software and methods of remote sensing of the Earth makes it possible to apply a huge array of karstological data, in particular, karst forms, to give them areal and volumetric characteristics, work with these parameters and informatively transfer the result of processing to cartographic materials.

This article shows the methodology of working with data from open satellite surveys of the Earth's surface for the purposes of decoding and subsequent mapping of surface karst landforms, taking into account the resolution of the remote positioning methods used. At the same time, the main research methods were the complex of decoding satellite images, the cartographic method and spatial analysis of morphometric parameters of the surface karst.

The paper presents a technique for decoding surface karst forms (SKF) of relief (karst craters and basins). Various methods of mapping the results of decoding, with subsequent analysis of morphometric parameters of karst forms, have been applied. Based on the morphometric indicators of the PKF and their placement on the surface of the karst massif of Karabi (Crimea Mountainous), a morphological characteristic of the conditions and features of the spatial development of the surface karst of the studied territory is given. In the future, the application of this technique will serve as the basis for the regional complex morphological characteristics of karst forms of the Crimea Mountainous.

Keywords: decoding, surface karst form (SKF), morphological analysis, morphometric indicators, density of surface karst forms, surface areal karst formation, coefficient of surface karst formation.

References

1. Amelichev G. N. Morfometricheskij analiz karsta na nizhnem plato massiva CHatyrdag (Gornyj Krym) // Svet. 2007. № 1 (32). S. 16–21. (In Russian).
2. Vakhrushev B. A. Morfologicheskij analiz poverhnostnogo karsta Krymskih gor // Kul'tura narodov Prichernomor'ya. 2002. №35. S. 15–20. (In Russian).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ДЕШИФРИРОВАНИЯ СПУТНИКОВЫХ
СНИМКОВ С ЦЕЛЮ КАРТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ КАРСТОВЫХ
ФОРМ И ИХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА

3. Mirtova I. A. Uchebnoe posobie po kursu «Deshifrirovaniye snimkov». Izuchenie dinamiki prirodnykh processov i ob'ektov po aero- i kosmicheskim snimkam // M., MGUGiK, 2006. 77 s. (In Russian).
4. Vahrushev B. A., Kunov A. A., Kunov V. A., Shvaleev V. N. Osobennosti podgotovki rastrovyykh fajlov sputnikovoy s"emki SRTM dlya raboty v GIS – karstovyy rel'ef na primere gipsometricheskogo rajonirovaniya karstovogo massiva Karabi (Gornyy Krym) // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2022. Tom 8(74). №1. S. 219–224. (In Russian).
5. Maksimovich G. A. Metody izucheniya karsta // Uchenye zapiski Molotovskogo gosudarstvennogo universiteta im. A. M. Gor'kogo. Perm'. 1956. Tom 10. Vyp. 2. S. 19–36. (In Russian).
6. Tolmachev V. V. Troickij G. M. Homenko V. P. Inzhenerno-stroitel'noe osvoenie zakarstovannykh territorij. M: Stroizdat, 1986. 176 s. (In Russian).
7. Bocharov M. K. Metody matematicheskoy statistiki v geografii. M.: Mysl', 1971. 375 s. (In Russian).
8. Ivanov B. N., Zengina S. M. Primeneniye morfometricheskogo analiza k izucheniyu sovremennykh fiziko-geograficheskikh processov (na primere Gornogo Kryma) // Voprosy morfometrii. 1967. Vyp. 2. S. 10–16. (In Russian).
9. Vahrushev B. A. Paleogeografiya Kryma v svete noveyshikh karstologo-speleologicheskikh issledovaniy // Kul'tura narodov Prichernomor'ya. 2001. №17. S. 11–20. (In Russian).
10. Simonov O. E. Morfometricheskij analiz rel'efa // Izd-vo: SGU, 1998 g., 272 s. (In Russian).
11. Tokarev S. V. Uyazvimost' karstovykh podzemnykh vod Gornogo Kryma k zagryazneniyu: vyyavlenie, oценка i kartirovanie / Tokarev Segej Viktorovich. Diss. na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geograficheskikh nauk. Simferopol', 2021. (In Russian).
12. Klimchuk A. B. Rol' pripoverhnostnoj zony karstovykh massivov v gidrogeologii i morfogeneze karsta // K.: IGN AN USSR, 1989. 37 s. (In Russian).
13. Williams P.W. The role of the subcutaneous zone in karst hydrology // J. of hydrology, 1983, t.61. p. 17–21.
14. Cifrovoj katalog gosudarstvennykh geologicheskikh kart Rossijskoj Federacii masshtaba 1: 200 000 (vtoroe pokolenie) // Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij geologicheskij institut im. A.P. Karpinskogo. [Elektronnyj resurs]: URL: <http://vsegei.ru> (data obrashcheniya: 15.12.2021). (In Russian).

Поступила в редакцию 18.09.2022 г.

УДК 911.2+551.435.06

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СОВРЕМЕННЫЙ ЭОЛОВЫЙ РЕЛЬЕФ НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ

Маликова Е. Л.

*Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск, Российская
Федерация
E-mail: malikovael@igm.nsc.ru*

В данном исследовании рассматривается территория песчаного раздува, находящаяся в долине р. Надым. Были оценены факторы формирования современного эолового рельефа территории, для этого выполнено: геотермическое картографирование, построена роза ветров, и рассчитан показатель фактор климата (С). Оценка дефляционного потенциала через фактор климата показала, что в настоящее время дефляция снизилась до минимальных значений за всё время наблюдений. При этом среднегодовая температура повысилась на 4⁰С, а вот среднегодовая сумма осадков мало изменилась. Активность ветров имеет ярко выраженную сезонность и наибольшая дефляция характерна для тёплого сезона года. **Ключевые слова:** эоловый рельеф, Надымское Приобье, климат, глобальное потепление, ветер, климатические факторы.

ВВЕДЕНИЕ

Ветер является основным фактором, формирующий эоловый рельеф. Ветровой режим крупнейших пустынь мира отражает характер и расположение песчаных дюн [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Песчаные пустыни можно разделить на два основных типа: жаркие субтропические и холодные пустыни средних широт. К первым относятся Сахара, Тар, пустыни Австралии, Перу и юго-запада Северной Америки. Климат этих пустынь от мягкого до теплого, зимой и от жаркого до очень жаркого, летом. Пустыни средних широт находятся в основном в Центральной Азии, здесь холодно зимой, а летом тепло или жарко [7].

До конца XIX века большинство ученых считали ветровой перенос наносов менее важным, чем перенос водой или ледниками. В начале XX века наблюдался несколько больший интерес к эоловым процессам и отложениям ими сформированным. Однако большая часть ранних работ носила описательный характер, и только в середине 1930-х годов были достигнуты серьезные успехи в понимании механики эолового переноса и образования дюн [7].

Для образования песчаных дюн в любой географической области должны присутствовать три основных фактора, впервые выявленные Дж. Хэком (Hack) [8]. Первый из этих факторов — это источник песка, который придает дюнам черты, присущие им и изменяет их.

Вторым фактором, необходимым для образования дюн, является ветровой режим территории, способный переносить частицы в пространстве. Классификация ветровых режимов в пределах заданного района возможна путем изучения графического изображения моделей. Они показывают количество песка, которое способен перемещать ветер, направления, в которых материал будет транспортироваться, и как далеко может он может перемещаться [9].

Третьим фактором, необходимым для образования дюн, является отсутствие растительности на такой территории. Роль, которую растительность играет в формировании и, как следствие, активации и стабилизация дюн связана не только с присутствием растений на территории, но и с той ролью, которую они играют в удержании влаги. Растительность может подавлять движение песка, уменьшать скорость ветра над поверхностью [10, 11, 12]. Кроме того, растительность также увеличивает количество влаги, присутствующей в дюнах. Наличие влаги играет важную роль в формировании песчаных дюн, она увеличивает сцепление частиц песка [13, 10, 14].

А. А. Земцов [15] выделял четыре причины активизации эоловых процессов на севере Западной Сибири: 1 — вытаптывание оленями; 2 — пожары; 3 — слабая закрепленность песчаного материала; 4 — антропогенный фактор (хозяйственное освоение территории). И кроме антропогенного фактора, остальные причины не вызывают значительной активизации песков [15].

Проблема опустынивания в настоящее время стоит очень остро. На активизацию эоловых процессов на севере Западной Сибири достаточно сильно повлияла хозяйственная деятельность человека: добыча песка, транспорт, трубопроводы, строительство дорог и т.д. [15, 16, 17, 18]. Однако, нельзя не учитывать и природные факторы. Поэтому в настоящей работе описываются природные факторы, влияющие на развитие эолового рельефа территории. Самым главным, из которых является ветер.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – песчаные дюны на севере Западной Сибири (Надымское Приобье). Эта территория находится в подзоне северной тайги Западно-Сибирской равнины, в 30 км от г. Надым, на песчаном массиве, который вытянут с севера на юг на 2 км, с запада на восток на 1 км, высотой до 12 м [16, 19].

Средняя скорость ветра в г. Надыме 3–4 м/с, скорости ветра 15 м/с бывают редко, максимальная – 30 м/с. Летом преобладают ветры северных румбов, зимой – южных. [20].

Интенсивность эоловых процессов напрямую зависит от эродирующей способности ветра, т.е. действия ветровых нагрузок на поверхность почвы [21]. Для оценки интенсивности эоловых процессов разработан ряд климатических показателей. Чтобы оценить факторы формирования современного эолового рельефа территории, было выполнено: геотермическое картографирование, построена роза ветров, и рассчитан климатический показатель **фактор климата (С)**. Данный параметр наиболее важный показатель для определения потенциальной опасности развития дефляционных процессов территории. Фактор климата рассчитан по формуле [22]:

$$C = \frac{10^2 v^3}{\left(\frac{H}{T} + 10\right)^2}, \quad (1)$$

где C — фактор климата; v — среднегодовая скорость ветра, м/с; H — годовое количество осадков; T — среднегодовая температура. Интенсивность дефляции через **фактор климата (C)** оценивается следующим образом [22]: 0,01–0,1 — развивается очень слабая дефляция; 0,1–0,5 — слабая дефляция; 0,5–1,0 — умеренная дефляция; 1,0–5,0 — сильная дефляция; более 5,0 — очень сильная дефляция. Для расчетов климатических параметров были использованы данные метеонаблюдений с метеостанции «аэропорт Надым» с 1955 по 2021 гг. [23, 18].

Чтобы проанализировать температурные показатели была сделана карта изотерм, которая была получена путем геотермического картографирования данных дистанционного зондирования Земли. На сайте Геологической службы США (USGS) [24] были скачаны снимки за третью декаду июля и января 2016–2018 годов, в основном начало 20-х чисел. Для геотермического картографирования использовался ПК ENVI 5, оформление карты было выполнено в ArcGIS Pro [25].

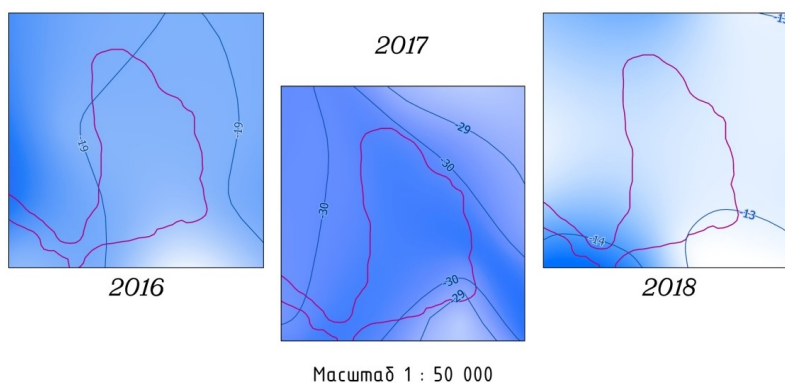
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для изучаемого дюнного раздува были построены изотермические карты для летних и зимних месяцев (рис. 1). Эти данные показывают, что зимой изолинии лишь издалека обходят дюну. Это может говорить о том, что зимой температура распределяется примерно равномерно по территории дюны и сопредельным территориям со сплошным растительным покровом. Что, видимо, обусловлено сплошным снежным покровом территории. Летом же ситуация сильно отличается. Можно выделить дюну как остров тепла, на карте видно, что тепло задерживается на территории дюны, что песок оказывает тепляющий эффект летом. Это может быть связано с его механическим составом, пористостью и другими свойствами [25].

Доступные данные о скорости и направлении ветра для исследуемой территории охватывают относительно короткий период, но этого достаточно для понимания режима ветра в регионе. Пространственное распространение дюн в пределах раздува хорошо согласуется с направлениями и силой преобладающих ветров. Крупные полукруглые дюны располагаются на юго-востоке. В западной и северо-западной частях песчаного массива находятся небольшие дюны, на развитие которых оказывают влияние южные ветра [25]. Эти данные указывают на то, что наиболее активное продвижение дюны происходит в летнее время, поэтому почти все эоловые формы сосредоточены в юго-восточной части раздува, куда песок перемещается под действием северных и северо-западных ветров. В 2015–2021 гг. средняя скорость ветров северного направления ~3 м/с; порывов ~11 м/с. Несмотря на то, что ветры южного румба близки по силе и интенсивности северным ветрам (средняя скорость ветров южного направления ~2,8 м/с; порывов ~11 м/с в 2015–2021 гг.), основная часть этих ветров приходится на холодное время года (рис. 2). По этой причине в зимнее время года дюны остаются практически не подвижными. Замёрзший и перекрытый снегом песок не подвержен развеванию, и поэтому в северных частях территории практически не наблюдаются аккумулятивные формы рельефа.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СОВРЕМЕННЫЙ ЭОЛОВЫЙ РЕЛЬЕФ НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ

*Карты изотерм третьей декады января за 2016–2018 гг.
на территории дюны*



*Карты изотерм третьей декады июля за 2016–2018 гг.
на территории дюны*

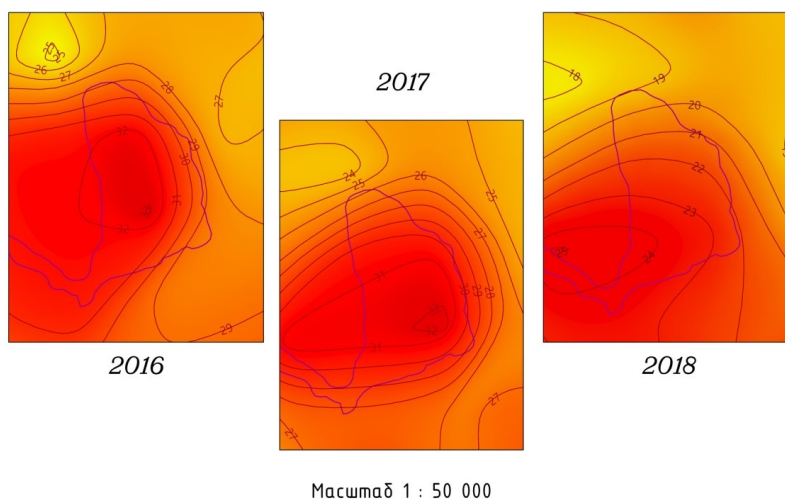


Рис.1. Изотермы изучаемого песчаного раздува [25].

Проведённое изотермическое картографирование (рис. 1) подтверждает наличие сплошного снегового покрова в пределах дюны в холодное время года. Снежный покров препятствует активному накоплению песка и формированию дюн. Тем не менее, исследования О. С. Сизова с соавторами [26] показали, что перенос песка на данной дюне происходит как в теплое время, так и в конце зимнего периода, когда из-под снега освобождаются вершины дюн. Возможно, именно с этим связано формирование дюн северной ориентации.

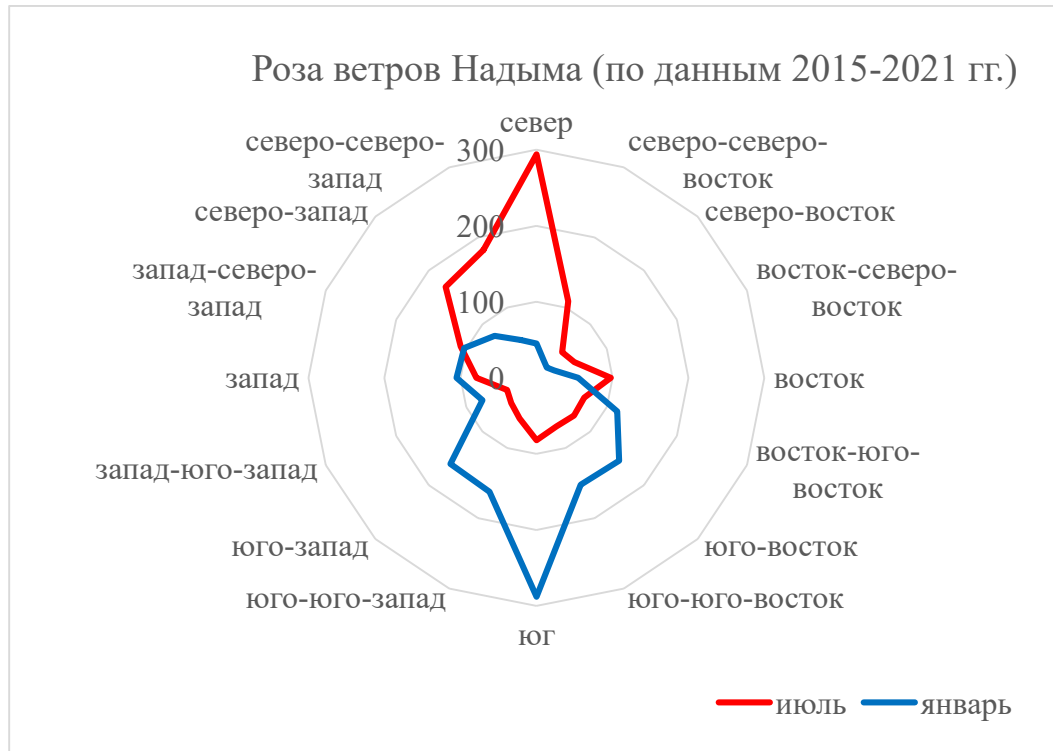


Рис. 2. Преобладающие направления ветров г. Надым, 2015–2021 гг.

Как показали исследования В. С. Зыкиной с соавторами [27], современный период дюнообразования в этом районе начался после 1500 г. н.э. С этого времени усилилась аридизация климата и сила северных ветров, что и стало причиной разрастания дюны, продолжающегося по настоящее время. Позднее началось активное освоение северных территорий человеком особенно во второй половине XX века [15, 17, 18]. Совокупность этих факторов привела к усиленному развитию эоловой дефляции которая сформировала современный рельеф. Начиная с 1955 г. для исследуемой территории есть данные о регулярных метеонаблюдениях, которые способствуют лучшему пониманию этого процесса (табл. 1).

За период наблюдения с 1955 по 2021 гг. среднегодовая температура повышалась, имея незначительные спады в 1958 ($-8,5^{\circ}\text{C}$), в 1960 (-9°C), в 1998 ($-7,8^{\circ}\text{C}$). Однако наблюдается общий тренд на повышение, среднегодовая температура за эти годы повысилась на 4°C (рис. 3А). Эти данные хорошо согласуются с прогнозами С. А. Архипова и др. [28], которые сделаны на основе палеогеографических реконструкций климатического оптимума последнего казанцевского межледниковья. При этом среднегодовая температура еще не достигла максимально прогнозируемых значений для территории Заполярья. А значит тренд на повышение температуры сохранится.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СОВРЕМЕННЫЙ ЭОЛОВЫЙ
РЕЛЬЕФ НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ

Таблица 1.

Среднегодовые значения температуры, осадков, скорости ветра и фактора
климата C , по данным метеостанции Надым*

Год наблю де-ния	Темпе ра- тура, °С	Осадк и, мм	Ветер, м/с	Факто р клима та C	Год наблю де-ния	Темпе ра- тура, °С	Осадк и, мм	Ветер, м/с	Факто р клима та C
1955	-6,2	456,0	3,6	1,16	1990	-5,2	476,4	3,7	0,79
1956	-5,6	570,0	3,4	0,47	1991	-4,0	508,5	4,4	0,61
1957	-6,8	534,0	3,4	0,84	1992	-6,6	449,1	4,5	2,74
1958	-8,5	605,0	2,9	0,65	1993	-3,9	523,6	4,2	0,49
1959	-5,7	530,0	2,9	0,35	1994	-5,6	445,2	4,4	1,82
1960	-9,0	408,0	2,7	1,58	1995	-2,4	554,0	4,3	0,16
1961	-4,9	516,0	2,3	0,13	1996	-4,3	495,4	4,3	0,71
1962	-3,7	569,0	2,8	0,11	1997	-5,5	510,6	4,7	1,55
1963	-6,7	482,0	2,8	0,57	1998	-7,8	470,1	4,1	2,7
1964	-7,6	375,0	2,9	1,58	1999	-6,1	474,3	4,1	1,51
1965	-6,9	476,0	2,8	0,63	2000	-5,2	362,7	4,0	1,84
1966	-7,8	726,4	3,4	0,58	2001	-6,1	530,3	3,9	0,96
1967	-2,9	493,2	3,6	0,18	2002	-5,4	702,2	3,9	0,43
1968	-7,9	542,9	3,7	1,46	2003	-4,2	477,6	4,0	0,59
1969	-7,7	359,0	3,3	2,78	2004	-5,3	482,6	4,2	1,1
1970	-7,4	459,7	3,5	1,6	2005	-2,5	519,4	4,2	0,19
1971	-6,5	523,6	4,0	1,22	2006	-6,7	547,9	3,9	1,18
1972	-7,4	501,6	4,2	2,13	2007	-2,6	486,3	4,2	0,24
1973	-5,1	476,7	3,8	0,76	2008	-3,5	687,4	3,8	0,15
1974	-7,0	416,5	3,5	1,82	2009	-6,3	516,1	3,9	1,11
1975	-5,4	581,5	3,7	0,54	2010	-6,4	570,7	3,9	0,98
1976	-5,0	467,2	3,6	0,65	2011	-0,2	608,7	4,6	0,0015
1978	-6,7	565,9	4,2	1,29	2012	-2,3	499,2	4,0	0,15
1979	-7,3	626,3	3,5	0,77	2013	-4,6	538,8	4,3	0,71
1980	-5,6	425,4	3,5	0,93	2014	-5,8	649,8	4,6	0,95
1981	-3,5	434,2	3,6	0,35	2015	-3,5	701,5	4,2	0,21
1982	-4,9	563,5	4,3	0,7	2016	-2,1	468,3	4,1	0,15
1983	-4,0	422,1	3,9	0,66	2017	-3,1	513,0	2,6	0,07
1984	-5,1	473,3	3,9	0,86	2018	-4,5	476,4	2,5	0,17
1985	-6,6	485,5	3,8	1,31	2019	-3,5	643,1	2,6	0,05
1986	-5,4	543,8	3,9	0,72	2020	0,7	445,0	4,0	0,01
1987	-5,0	346,2	3,6	1,28	2021	-5,36	434,4	2,92	0,57
1988	-4,6	386,6	3,8	0,97	Среднее	-5,2	507,9	3,7	0,87
1989	-4,6	409,1	3,9	0,98					

* период наблюдения с 1955 по 2010 по (Сизов, 2015), с 2011 по 2021 (p15)

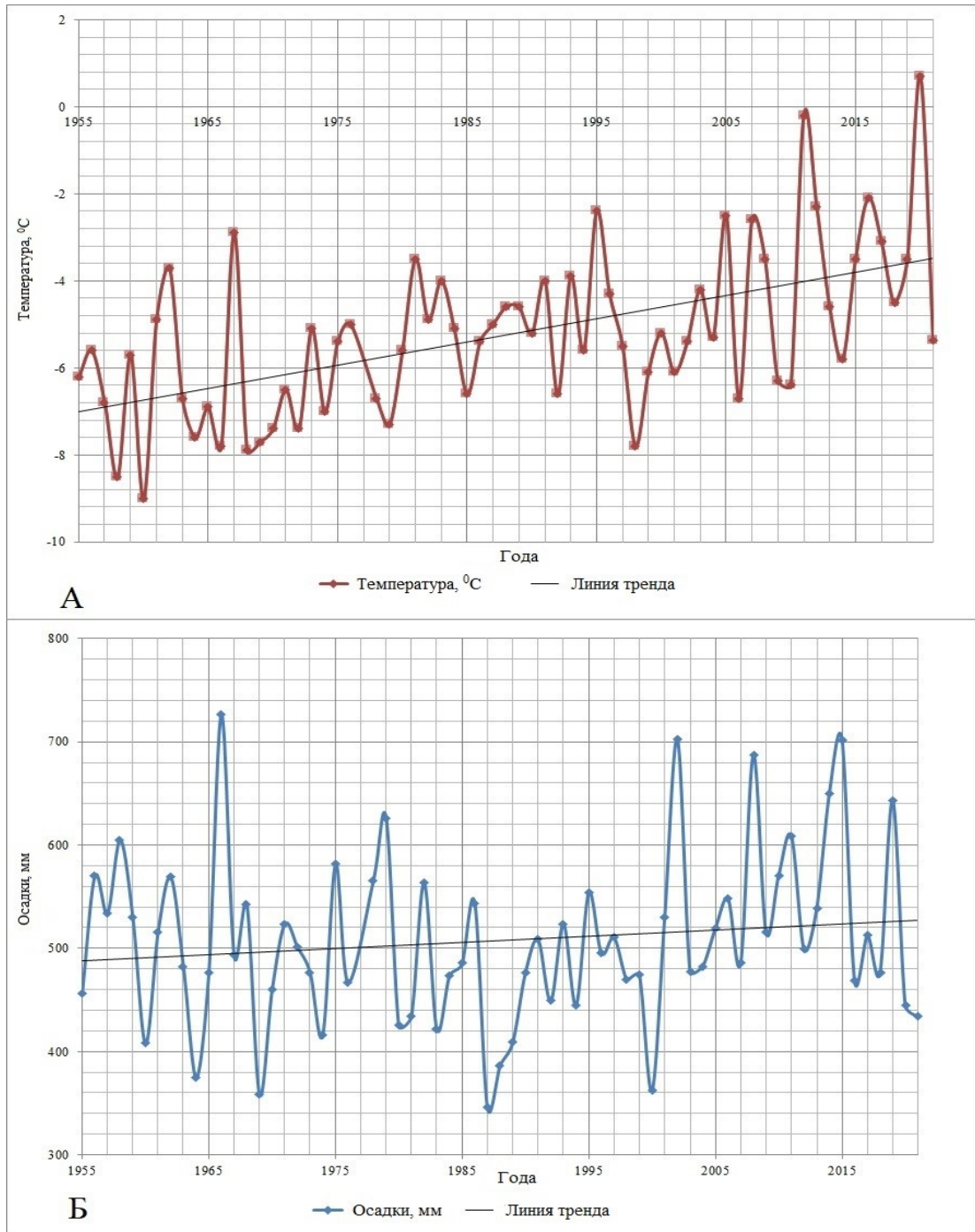


Рис. 3. Изменения среднегодовых температур (А) и количества осадков (Б), метеостанция Надым (по данным таблицы 1).

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СОВРЕМЕННЫЙ ЭОЛОВЫЙ РЕЛЬЕФ НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ

В отличие от температуры, среднегодовая сумма осадков мало изменилась за аналогичный период (рис. 3Б). Есть существенные колебания от года к году, с пиками, как увеличения, так и уменьшения суммы осадков. Однако, общий тренд показывает лишь незначительное увлажнение, что не соответствует прогнозным моделям [28].

Имеющиеся данные о среднегодовых скоростях ветра показывают тенденцию аналогичную среднегодовой температуре. Несмотря на отчетливо выраженные флуктуации (отклонения) в среднегодовых скоростях ветров в 50-х XX века и в 20-х гг. XXI века (рис. 4), в целом наблюдается тренд на увеличение среднегодовой скорости ветра.

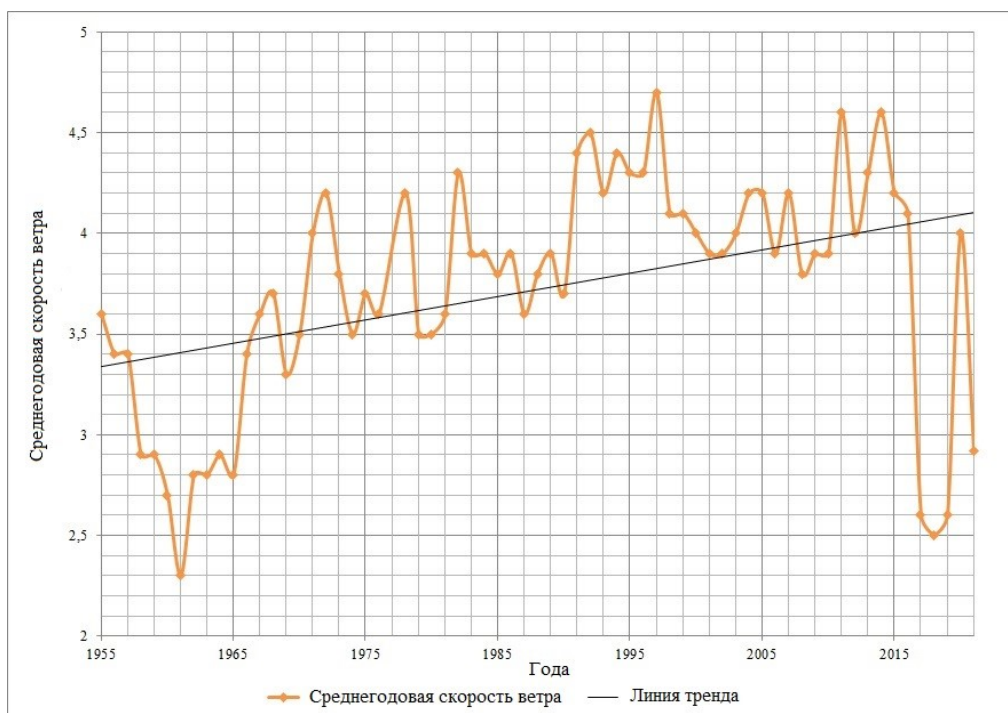


Рис. 4. Изменение среднегодовых скоростей ветра, метеостанция Надым (по данным таблицы 1).

Оценка дефляционного потенциала через фактор климата (С) показала, что наибольшая интенсивность дефляции в районе исследования наблюдалась в 70-х и 90-х гг. XX века (таблица 1), когда фактор климата достигал $C=2,78$. В настоящее время он снизился до минимальных значений за всё время наблюдений, характеризующих очень слабую дефляцию (до 0,001 в 2011 и 0,01 в 2020). Это явилось одним из факторов активного зарастания территории дюнного раздува [29], что говорит о цикличности климатических колебаний. За время наблюдений на данной территории дефляция носила умеренный и сильный характер, но в последнее

десятилетие наблюдается тенденция к снижению дефляции до значений, характеризующих слабую и очень слабую дефляцию. Вероятно, это связано с увеличением температуры и снижением интенсивности ветра в исследуемом районе в последние годы (таблица 1).

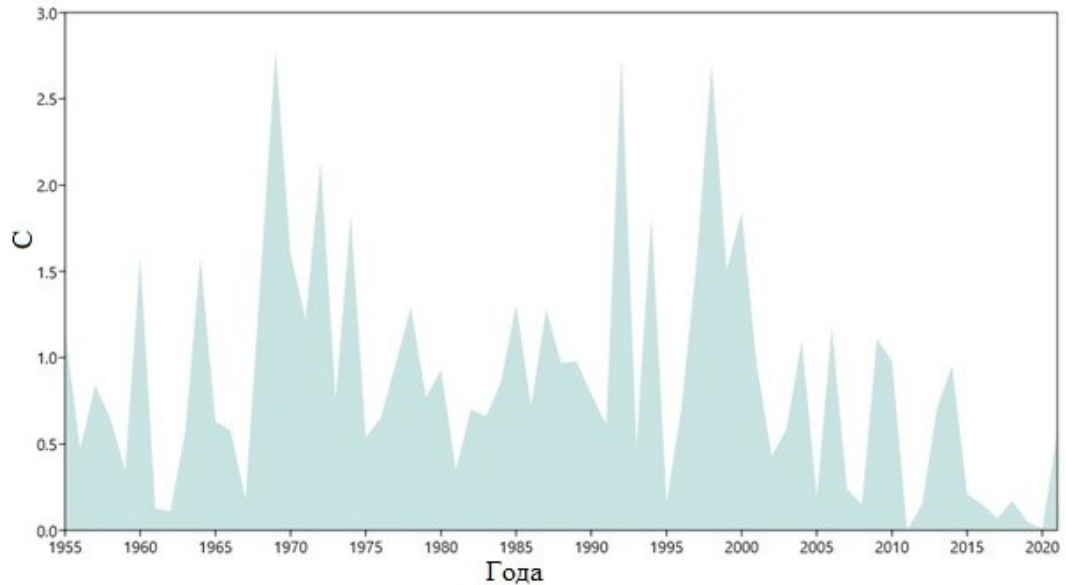


Рис. 5 Динамика среднегодовых значений фактора климата С, метеостанция Надым.

Рассчитанные за 2015–2021 гг. показатели фактора климата (С) показали снижение дефляции до значений слабой и очень слабой (рис. 5). Это хорошо согласуется с результатами наблюдений за интенсивностью эолового переноса, проводимых О.С. Сизовым с соавторами [26]. Ими показано снижение интенсивности эолового осадконакопления на данной дюне 1,5–2 раза за период 2014–2019 гг. [26]. В это же время наблюдается снижение среднегодовых скоростей ветра (рис. 4).

Хорошо видны изменения фактора климата по месяцам (рис. 6). Наибольших значений фактор климата достигал в мае 2014 г. (2,7), наименьших значений — в феврале 2011 г. (0,0006). Если смотреть в целом, по графику видно, что в летние месяцы фактор климата поднимается до наибольших значений. Это хорошо согласуется с тем, что дюна перевеивается именно летом.

Скорость эолового осадконакопления определяется интенсивностью ветра с апреля по октябрь (средней скоростью и количеством максимальных порывов), в частности, в 2017 г. наблюдался минимум, а в 2014 г. — максимум эолового переноса, что совпадает с затуханием и активизацией ветровой деятельности в эти годы. В апреле и мае доминируют ветры северо-западных румбов, в сентябре и октябре преобладают южные и западные ветры.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СОВРЕМЕННЫЙ ЭОЛОВЫЙ РЕЛЬЕФ НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ

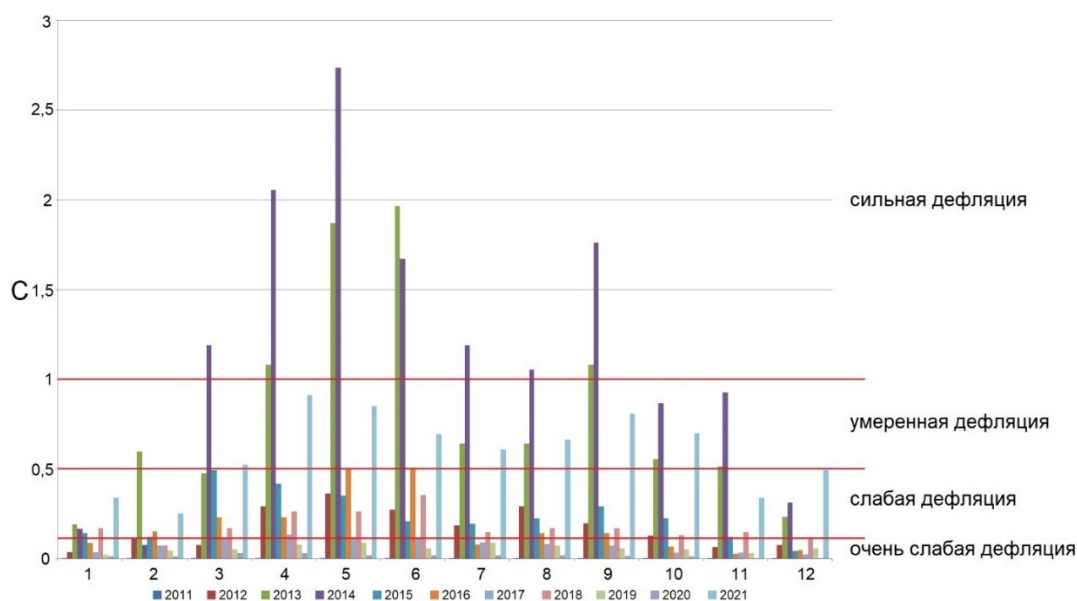


Рис. 6 Динамика значений фактора климата С по месяцам (2011-2021 гг.), метеостанция Надым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чтобы оценить факторы формирования современного эолового рельефа территории Надымского Приобья, было выполнено: геотермическое картографирование, построена роза ветров и графики изменения среднегодовой температуры и количества осадков, а также график изменения среднегодовых скоростей ветра. Рассчитан показатель фактора климата (С).

Геотермическое картографирование показало, что зимой температура распределяется примерно равномерно по территории дюны и сопредельным территориям со сплошным растительным покровом. Что, видимо, обусловлено сплошным снежным покровом территории. Летом же ситуация сильно отличается. Можно выделить дюну как остров тепла, на карте видно, что тепло задерживается на территории дюны.

Анализ климатических данных показал, что с 1955 г. XX в. среднегодовая температура повысилась на 4 °С, вероятно это связано с глобальным потеплением. Среднегодовая сумма осадков мало изменилась. Активность же ветров имеет ярко выраженную сезонность и наибольшая дефляция характерна именно для тёплого сезона года. Оценка дефляционного потенциала показала, что дефляция снизилась до минимальных значений за всё время наблюдений. Это явилось одним из факторов активного зарастания территории дюнного раздува.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИГМ СО РАН.

Список литературы

1. Holm D. Sand dunes. In R. W. Fairbridge (Ed.), *The encyclopedia of geomorphology*. New York: Reinhold, 1968. pp. 973–979.
2. Brookfield M. Dune trends and wind regime in central Australia. *Z. Geomorph. Suppl. Bd.* 1970. 10. pp. 121–153.
3. Wilson I. Desert sandflow basins and a model for the development of ergs. *Geogr. J.* 1971. 137. pp. 180–199.
4. Fryberger S., Ahlbrandt, T. Mechanisms for the formation of eolian sand seas. *Z. Geomorph.* 1979. 23. pp. 440–460.
5. Mainguet M., Cossus L. Sand circulation in the Sahara: geomorphological relation between the Sahara Desert and its margin. In M. Sarnthein, E. Seibold, & P. Rognon (Eds.), *Sahara and surrounding seas* Rotterdam: Balkema. 1980. pp. 69–78.
6. Fryberger S., Al-Sari A., Clisham, T., Rizvi S., Al-Hinai K. Windsedimentation in the Jafurah Sand Sea, Saudi Arabia. *Sedimentology*. 1984. 31. pp. 413–431.
7. Pye K., Tsoar H., *Aeolian Sand and Sand Dunes*. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Germany, 2009. pp. 458. DOI 10.1007/978-3-540-85910-9
8. Hack J. Dunes of the Western Navajo Country. *Geographical Review*. 1941. 31(2). pp. 240–263.
9. Panas T. Sand dune environments in first nations lifeways: holistic interpretation for the middle and late precontact periods on the northern plains // A Thesis Submitted to the College of Graduate and Postdoctoral Studies In Partial Fulfillment of the Requirements For the Degree of Doctor of Philosophy In the Interdisciplinary Studies Program, 2018. 337 p.
10. Muhs D., Wolfe S. Sand dunes of the northern Great Plains of Canada and the United States. In *Holocene Climate and Environmental Change in the Palliser Triangle: A Geoscientific Context for Evaluating the Impacts of Climate Change on the Southern Canadian Prairies*. In D. S. Lemmen and R. E. Vance (Eds.), *Geological Survey of Canada Bulletin 534*. Ottawa. 1999. pp. 183–197.
11. Wolfe S., Nickling W. The protective role of sparse vegetation in wind erosion. *Progress in Physical Geography*. 1993. 17(1). pp. 50–68.
12. Wolfe S., Nickling W. Sensitivity of Eolian Processes to Climate Change in Canada. *Geological Survey of Canada Bulletin 421*. Ottawa. 1997. 30 p.
13. Koenig D. The Effects of Dune Stabilization on the Spatiotemporal Distribution of Soil Moisture Resources, Northern Great Plains, Canada. Unpublished Master's thesis, Department of Geography, University of Lethbridge. Lethbridge. 2008. 97 p.
14. Sloss C., Hesp P., Shepherd M. Coastal Dunes: Aeolian Transport. *Nature Education Knowledge*. 2012. 3(10): 21.
15. Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная части). Томск: Изд-во Томского университета, 1976. 343 с.
16. Никулина Е. Л. Позднеголоценовые эоловые формы рельефа Надымского Приобья // IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: мат конф. Новосибирск: Изд-во ИПЦ НГУ, 2018. С. 420–422.
17. Сизов О. С. Антропогенные факторы развития эоловых процессов на севере Западной Сибири // Антропогенная динамика природной среды: мат. Междунар. научно-практич. конф. Пермь: Изд-во Перм. Ун-та, 2006. С. 183–185.
18. Сизов О. С. Геоэкологические аспекты современных эоловых процессов северотаежной подзоны Западной Сибири. Новосибирск: Гео, 2015. 124 с.
19. Маликова Е. Л. Картографирование эоловых форм рельефа Надымского Приобья // Географические исследования Сибири и сопредельных территорий: мат. Междунар. геогр. конф. Иркутск: Изд-во Инст. геогр. им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 510–513.
20. Казачкова К.К. Климатическая характеристика зоны освоения нефти и газа Тюменского севера. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 195 с.
21. Евсеева Н. С. Современный морфолитогенез юго-востока Западно-Сибирской равнины. Томск: Изд-во НТЛ, 2009. 484 с.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СОВРЕМЕННЫЙ ЭОЛОВЫЙ РЕЛЬЕФ НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ

22. Любцова Е. М. Эоловые процессы // Пространственно-временной анализ динамики эрозионных процессов на юге Восточной Сибири. Новосибирск: Изд-во Наука, 1997. С. 132–177.
23. Архив погоды - <https://rp5.ru> (дата обращения: 25.05.2021)
24. USGS [Electronic resource]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 20.12.2021)
25. Маликова Е. Л. Об эоловых формах рельефа на примере Надымского Приобья // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2020. Т. 6 (72). № 3. С. 321–334.
26. Сизов О. С., Соромотин А. В., Костомаров В. М. Динамика эоловой деятельности на примере модельной котловины выдувания в нижнем течении р. Надым за 2013-2019 гг. // Геоморфология и физическая география Сибири в XXI веке: мат. Всероссийской научно-практич. конф. Томск: Изд-во Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2020. С. 56–60.
27. Зыкина В. С., Зыкин В. С., Вольвах А. О., Овчинников И. Ю., Сизов О. С., Соромотин А. В. Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли. 2017. Т. XXI. №6. С. 14–25.
28. Архипов С. А., Волкова В. С., Зыкина В. С., Бахарева В. А., Гуськов С. А., Левчук Л. К. Природно-климатические изменения в Западной Сибири в первой трети будущего столетия // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. №8. С. 51–71.
29. Лоботросова С. А., Сафонов Ю. С., Соромотин А. В., Сизов О. С. Роль мезорельефа в зарастании естественных песчаных дюн в подзоне Северной тайги Западной Сибири // Актуальные вопросы биогеографии: мат. Междунар. конф. СПб: Санкт-Петербургский гос. ун-т, 2018. С. 242–244.

CLIMATIC FACTORS FORMING THE MODERN AEOLIAN RELIEF IN THE NADYM OB AREA

Malikova E. L.

*V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
E-mail: malikovael@igm.nsc.ru*

This study considers the area of sand blowing, located in the valley of the river Nadym. The factors of formation of the modern eolian relief of the territory were assessed, for this purpose, geothermal mapping was performed, a wind rose was built, and the climate factor index (C) was calculated.

Isothermal maps show that in winter the isolines only go around the dune from afar. This may indicate that in winter the temperature is distributed approximately evenly over the territory of the dune and adjacent territories with a continuous vegetation cover. Which, apparently, is due to the continuous snow cover of the territory. In summer, the situation is very different. You can single out the dune as a heat island, the map shows that the heat lingers on the territory of the dune, that the sand has a warming effect in summer. This may be due to its mechanical composition, porosity and other properties.

The available data on wind speed and direction for the study area cover a relatively short period, but this is sufficient to understand the wind regime in the region. The spatial distribution of dunes within the bulge is in good agreement with the directions and strength of the prevailing winds. These data indicate that the most active advancement of the dune occurs in summer; therefore, almost all eolian forms are concentrated in the southeastern part of the blow, where the sand moves under the influence of northern and northwestern winds. In 2015–2021 average north wind speed ~3 m/s; gusts ~11 m/s. Despite the fact that the winds of the southern rhumb are close in strength and intensity to the northern winds (the average speed of southerly winds is ~2.8 m/s; gusts are ~11 m/s in 2015–2021), the

main part of these winds falls on cold season. For this reason, in the winter season, the dunes remain almost immobile. Frozen and snow-covered sand is not subject to fluttering, and therefore, in the northern parts of the territory, accumulative landforms are practically not observed.

Over the observation period from 1955 to 2021 the average annual temperature increased, having slight declines in 1958 (-8.5 0C), in 1960 (-9 0C), in 1998 (-7.8 0C). However, there is a general upward trend, the average annual temperature has increased by 4 0C over these years. In contrast to temperature, the average annual precipitation has changed little over the same period. There are significant fluctuations from year to year, with peaks of both increase and decrease in the amount of precipitation.

Available data on average annual wind speeds show a trend similar to average annual temperature. Despite clearly pronounced fluctuations (deviations) in the average annual wind speeds in the 50s of the XX century and in the 20s. XXI century, in general, there is a trend towards an increase in the average annual wind speed.

Assessment of the deflationary potential through the climate factor (C) showed that the highest intensity of deflation in the study area was observed in the 70s and 90s. XX century, when the climate factor reached $C=2.78$. At present, it has fallen to the minimum values for the entire time of observations, characterizing a very weak deflation (to 0.001 in 2011 and 0.01 in 2020). This was one of the factors of active overgrowth of the territory of dune swelling, which indicates the cyclical nature of climatic fluctuations. During the observation period in this territory, deflation was moderate and strong, but in the last decade there has been a tendency for deflation to decrease to values characterizing weak and very weak deflation. This is probably due to an increase in temperature and a decrease in wind intensity in the study area in recent years.

Keywords: eolian relief, Nadym Ob region, climate, global warming, wind, climatic factors.

References

1. Holm D. Sand dunes. In R. W. Fairbridge (Ed.), The encyclopedia of geomorphology. New York: Reinhold. 1968. pp. 973–979.
2. Brookfield M. Dune trends and wind regime in central Australia. Z. Geomorph. Suppl. Bd. 1970. 10. pp. 121–153.
3. Wilson I. Desert sandflow basins and a model for the development of ergs. Geogr. J. 1971. 137. pp. 180–199.
4. Fryberger S., Ahlbrandt, T. Mechanisms for the formation of eolian sand seas. Z. Geomorph. 1979. 23. pp. 440–460.
5. Mainguet M., Cossus L. Sand circulation in the Sahara: geomorphological relation between the Sahara Desert and its margin. In M. Sarnthein, E. Seibold, & P. Rognon (Eds.), Sahara and surrounding seas Rotterdam: Balkema. 1980. pp. 69–78.
6. Fryberger S., Al-Sari A., Clisham, T., Rizvi S., Al-Hinai K. Windsedimentation in the Jafurah Sand Sea, Saudi Arabia. Sedimentology. 1984. 31. pp. 413–431.
7. Pye K., Tsoar H., Aeolian Sand and Sand Dunes. Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Germany, 2009. pp. 458. DOI 10.1007/978-3-540-85910-9
8. Hack J. Dunes of the Western Navajo Country. Geographical Review. 1941. 31(2). pp. 240–263.
9. Panas T. Sand dune environments in first nations lifeways: holistic interpretation for the middle and late precontact periods on the northern plains // A Thesis Submitted to the College of Graduate and Postdoctoral Studies In Partial Fulfillment of the Requirements For the Degree of Doctor of Philosophy In the Interdisciplinary Studies Program, 2018. 337 p.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ СОВРЕМЕННЫЙ ЭОЛОВЫЙ РЕЛЬЕФ НАДЫМСКОГО ПРИОБЬЯ

10. Muhs D., Wolfe S. Sand dunes of the northern Great Plains of Canada and the United States. In *Holocene Climate and Environmental Change in the Palliser Triangle: A Geoscientific Context for Evaluating the Impacts of Climate Change on the Southern Canadian Prairies*. In D. S. Lemmen and R. E. Vance (Eds.), Geological Survey of Canada Bulletin 534. Ottawa. 1999. pp. 183–197.
11. Wolfe S., Nickling W. The protective role of sparse vegetation in wind erosion. *Progress in Physical Geography*. 1993. 17(1). pp. 50–68.
12. Wolfe S., Nickling W. Sensitivity of Eolian Processes to Climate Change in Canada. Geological Survey of Canada Bulletin 421. Ottawa. 1997. 30 p.
13. Koenig D. The Effects of Dune Stabilization on the Spatiotemporal Distribution of Soil Moisture Resources, Northern Great Plains, Canada. Unpublished Master's thesis, Department of Geography, University of Lethbridge. Lethbridge. 2008. 97 p.
14. Sloss C., Hesp P., Shepherd M. Coastal Dunes: Aeolian Transport. *Nature Education Knowledge*. 2012. 3(10): 21.
15. Zencov A.A. Geomorfologija Zapadno-Sibirskoj ravniny (severnaja i central'naja chasti). Tomsk: Izd-vo Tomskogo universiteta, 1976. 343 s. (in Russian)
16. Nikulina E.L. Pozdnogolocenovyje jeolovyje formy rel'efa Nadym'skogo Priob'ja // IX Sibirskaja konferencija molodyh uchenyh po naukam o Zemle: mat. konf. Novosibirsk: Izd-vo IPC NGU, 2018. S. 420–422. (in Russian).
17. Sizov O. S. Antropogennye faktory razvitiya jeolovyh processov na severe Zapadnoj Sibiri // Antropogennaja dinamika prirodnoj sredy: mat. Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. Perm': Izd-vo Perm. Un-ta, 2006. S. 183–185. (in Russian).
18. Sizov O. S. Geojekologicheskie aspekty sovremennyh jeolovyh processov severotaeznoj podzony Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: Geo, 2015. 124 s. (in Russian).
19. Malikova E. L. Kartografirovanie jeolovyh form rel'efa Nadym'skogo Priob'ja // Geograficheskie issledovanija Sibiri i sopedel'nyh territorij: mat. Mezhdunar. geogr. konf. Irkutsk: Izd-vo Inst. geogr. im. V.B. Sochavy SO RAN, 2019. pp. 510–513. (in Russian).
20. Kazachkova K. K. Klimaticheskaja harakteristika zony osvoenija nefi i gaza Tjumenskogo severa. L.: Gidrometeoizdat, 1982. 195 s. (in Russian).
21. Evseeva N. S. Sovremennyy morfologičeskiy jugo-vostoka Zapadno-Sibirskoj ravniny. Tomsk: Izd-vo HTJI, 2009. 484 s. (in Russian).
22. Ljubcova E. M. Jeolovyje processy // Prostranstvenno-vremennoj analiz dinamiki jerozionnyh processov na juge Vostočnoj Sibiri. Novosibirsk: Izd-vo Nauka, 1997. S. 132–177. (in Russian)
23. Arhiv pogody [Electronic resource]. URL: <https://rp5.ru/> (data obrashhenija: 25.05.2021).
24. USGS [Electronic resource]. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (data obrashhenija: 20.12.2021).
25. Malikova E. L. Ob jeolovyh formah rel'efa na primere Nadym'skogo Priob'ja // Uchjonyje zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernad'skogo. Geografija. Geologija. 2020. T. 6 (72). № 3. S. 321–334. (in Russian).
26. Sizov O. S., Soromotin A. V., Kostomarov V. M. Dinamika jeolovoj dejatel'nosti na primere model'noj kotloviny vyduvanija v nizhnem techenii r. Nadym za 2013–2019 gg. // Geomorfologija i fizicheskaja geografija Sibiri v XXI veke: mat. Vseros. nauchno-prakt. konf. Tomsk: Izd-vo Nac. issled. Tomskij gos. un-t, 2020. pp. 56–60. (in Russian).
27. Zykina V. S., Zykin V. S., Vol'vah A. O., Ovchinnikov I. Ju., Sizov O. S., Soromotin A. V. Stroenie, kriogennye obrazovanija i uslovija formirovanija verhnecetvertičnyh otlozhenij Nadym'skogo Priob'ja // Kriosfera Zemli. 2017. T. XXI, № 6. pp. 14–25 (in Russian).
28. Arhipov S. A., Volkova V. S., Zykina V. S., Bahareva V. A., Gus'kov S.A., Levchuk L.K. Prirodno-klimaticheskie izmenenija v Zapadnoj Sibiri v pervoj treti budushhego stoletija // Geologija i geofizika. 1995. T. 36. №8. S. 51–71. (in Russian).
29. Lobotrosova S. A., Safonov Ju. S., Soromotin A. V., Sizov O. S. Rol' mezorel'efa v zarastanii estestvennyh peschanyh djun v podzone Severnoj tajgi Zapadnoj Sibiri // Aktual'nye voprosy biogeografii: mat. Mezhdunar. konf. SPb: Sankt-Peterburgskij gos. un-t, 2018. pp. 242–244. (in Russian).

Поступила в редакцию 23.06.2022 г.

**РАЗДЕЛ 4.
ГИДРОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ**

УДК 551.46(262.5.04)

**ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ
КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.**

*Троценко О. А., Ковригина Н. П., Капранов С. В.,
Родионова Н. Ю., Бобко Н. И., Борисова Д. С.*

*Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, Российская
Федерация
E-mail: oleg_tr59@mail.ru*

Представлены результаты гидролого-гидрохимических исследований в прибрежной зоне района Карадага, проведенных в мае и сентябре 2021 года. Значения поверхностной температуры воды были близки к среднесезонным данным для каждого месяца. Величины солёности были выше среднесезонных значений, что соответствует тенденциям последних лет. По данным БПК₅, окисляемости и величинам коэффициента загрязнения изучаемую акваторию можно отнести к условно «чистым». На прибрежных станциях в районе пгт Коктебель и пгт Курортное значения окисляемости превышали ПДК. В узкой прибрежной зоне в сентябре отмечали пониженное содержание нитратов и минимум кремния в оба сезона. Максимум органического азота и фосфора в мае наблюдали на западной границе заповедника, в сентябре — в районе Кузьмичевых Камней.

Ключевые слова: взморье Карадага; температура; солёность; кислород; БПК₅; окисляемость; биогенные вещества; Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее ранние сведения о гидрохимическом режиме вод района Карадага получены А. И. Смирновой в период 1957–1958 гг. [1]. Автором сделан вывод, что по концентрациям гидрохимических показателей район Карадага практически не отличается от других частей центральной и восточной зон Черного моря. Данные по распределению гидрохимических полей в районе Судакско-Карадагского взморья получены в весенне-летний период 1987–1990 гг. и представлены в работе [2]. Гидрохимические исследования в районе Карадага на современном этапе (2004–2021 гг.) были вызваны необходимостью выяснения экологического состояния прибрежной зоны, которая с давних пор считалась «чистой», т.е. не подверженной антропогенному воздействию. С 2004 г. и по настоящее время ежегодно в районе Карадага сотрудниками отдела аквакультуры и морской фармакологии ФИЦ «ИнБИОМ РАН» исследуется акватория в 5-мильной зоне от 10 до 30-метровой изобаты. Материалы, полученные в узкой прибрежной зоне в 2004 гг., выявили накопление содержания органического вещества в зоне Карадага в 3–5 раз выше относительно уровня 50–60 гг. прошлого столетия [3]. Интересные обобщения и выводы по экологическому состоянию вод, полученного на основе имеющегося гидролого-гидрохимического материала в районе Карадага представлены в

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.

монографии [4]. Накопленные к настоящему времени данные позволяют проследить многолетнюю изменчивость.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей пространственно-временной изменчивости основных гидролого-гидрохимических характеристик в районе Карадага в мае и сентябре 2021 г., выявление многолетних тенденций в их распределении, а также оценка качества вод в узкой 2-метровой полосе моря от биостанции до заповедника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В 2021 году в районе Карадагского природного заповедника выполнено две съёмки: в мае и сентябре, по уже существующей с 2012 г. сетке станций, которая охватывала четыре разреза по нормали к береговой линии и две прибрежные станции: устье реки Отузки и очистные сооружения пгт. Курортное. Схема станций представлена на рис. 1. Каждая съёмка охватывала 14 станций, на которых пробы отбирали с поверхности и в придонном слое. Всего отобрано 56 проб и выполнено 470 гидрохимических анализов. Комплекс гидрохимических анализов не изменялся с момента начала исследований, с 2004 г. Последний включал в себя определение температуры, солёности, содержания растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода на 5-е сутки (БПК₅), перманганатной окисляемости в щелочной среде, кремния, минеральных и органических форм азота и фосфора. Анализы выполнялись в соответствии с общепринятыми методиками [5, 6, 7].



Рис. 1. Схема расположения станций на взморье Карадагского заповедника в 2021 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение гидролого-гидрохимических характеристик во время съёмки 24 мая 2021 г.

Распределение поверхностной температуры и солёности по данным съёмки 24 мая 2021 г. представлены на рис. 2. *Температура* изменялась в диапазоне 13,4–15,3°C, что соответствует среднемноголетним показателям. Более прогретые воды находились в акватории заповедника, а самые низкие значения отмечены в прибрежной зоне пгт. Курортное и Коктебельской бухте. Верхний квазиоднородный слой уже сформировался, но его мощность не превышала 5 метров. Глубже располагался слабовыраженный сезонный термоклин со средним градиентом около 0,2°C/м.

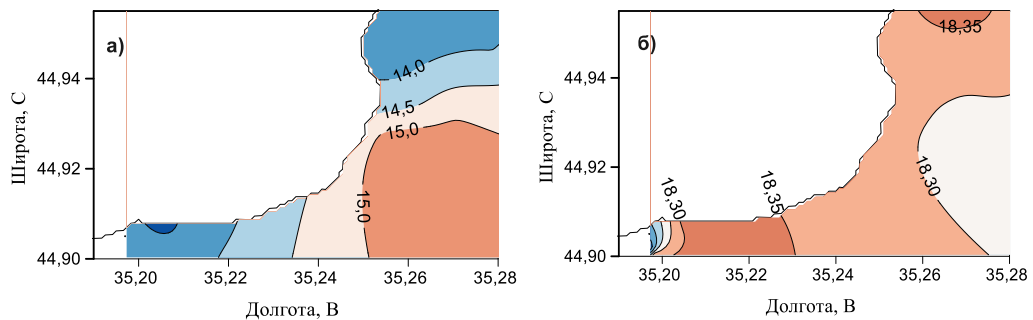


Рис. 2. Распределение поверхностной температуры (а) и солёности (б) 24.05.2021 г.

Распределение поверхностной *солёности* имело подобный характер, но с обратным знаком. Более солёные воды распространялись в прибрежных зонах пгт. Курортное и Коктебельской бухты, а менее солёные на акватории заповедника. Выделяется станция в районе устья р. Отузка с самыми низкими значениями. В общем, диапазон изменчивости поверхностной солёности был невелик: 18,11–18,37‰, но сами значения были выше среднемноголетних показателей приблизительно на 0,5‰. С глубиной солёность плавно повышалась. Максимальное значение 18,48‰ отмечено на мористой станции Коктебельской бухты (ст. 11, глубина 29 м).

В период наблюдений на всей исследуемой акватории отмечен высокий уровень обеспеченности *кислородом*. Абсолютное содержание кислорода изменялось на поверхности в пределах от 6,89 до 8,80 мл/л, при среднем значении равном 7,26 мл/л, и на придонном горизонте от 6,62 до 8,41 мл/л, при среднем содержании 7,13 мл/л. Все полученные величины были гораздо выше предельно допустимой концентрации (ПДК), равной 4,2 мл/л, по рыбохозяйственным нормативам [8].

Относительное содержание кислорода изменялось на поверхности от 107,4 до 135,9% насыщения, при средней величине 113,3% и превышало ПДК (40% насыщения). В придонном слое дефицита кислорода не наблюдали: величины насыщения кислородом изменялись в пределах от 97,7 до 130,0%, при среднем

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ
КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.

значении 106,3% и превышали ПДК. Распределение величин абсолютного и относительного содержания кислорода на поверхности представлено на рис. 3.

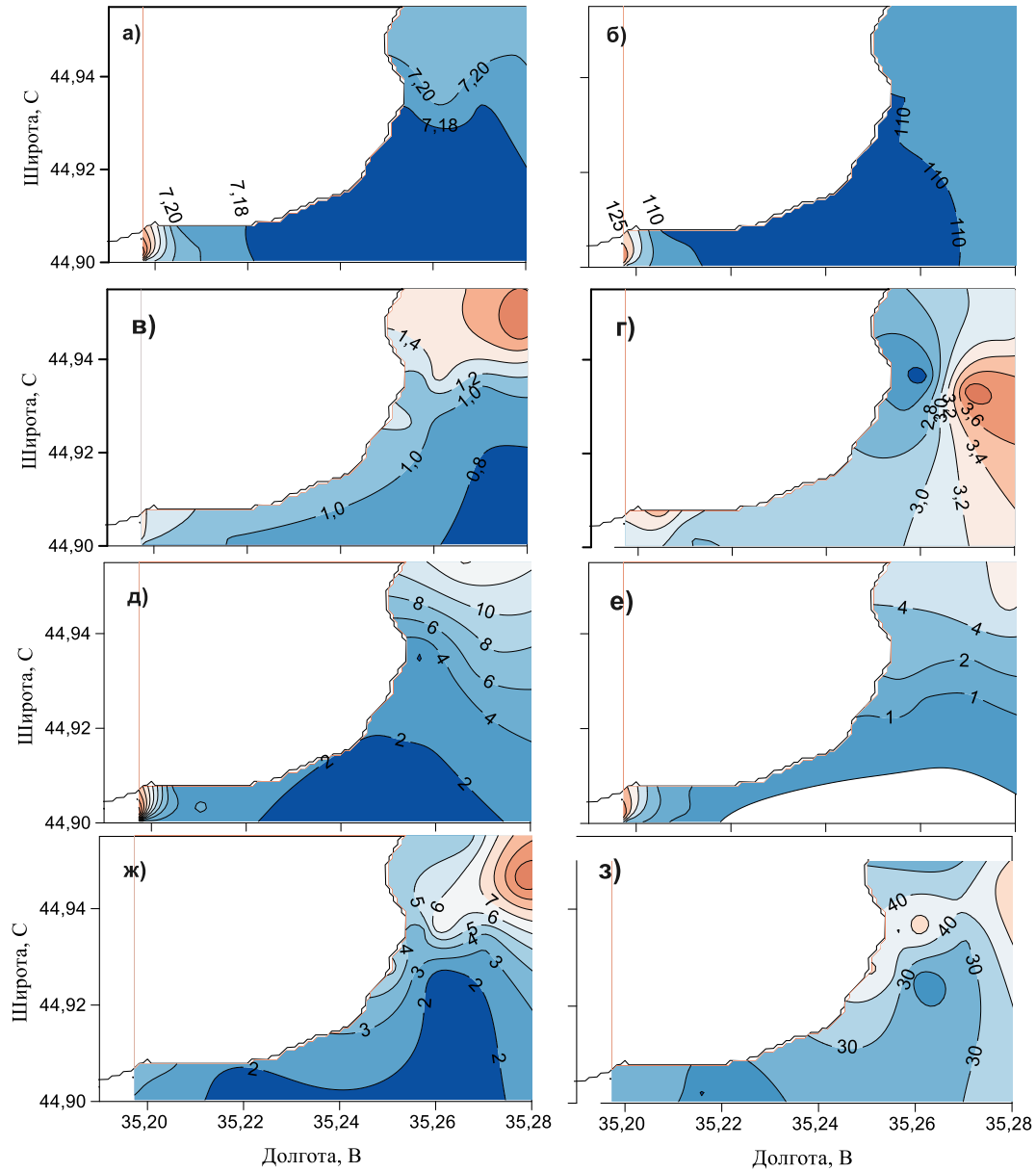


Рис. 3. Распределение гидрохимических параметров на поверхности акватории Карадагского заповедника в мае 2021 г.: а) кислород, мл/л; б) кислород, %; в) БПК₅, мг/л; г) окисляемость, мгО/л; д) нитраты, мкг/л; е) азот аммонийный, мкг/л; ж) фосфаты, мкг/л; з) $P_{\text{мин}}:P_{\text{вал}}$, %.

Величины **БПК₅** изменялись в диапазоне от 1,29 до 2,79 мг/л, при средней величине 1,77 мг/л. Максимальная величина БПК₅ отмечена на ст. 12, минимальная – на ст. 20. На 10 станциях из 14 значения БПК₅ были ниже ПДК, равной 2,0 мг/л для рыбохозяйственных водоёмов, что, в целом, подтверждает «чистоту» исследуемой акватории.

Значения **окисляемости** на поверхности изменялись в пределах от 2,31 до 3,94 мгО/л. Минимальное значение наблюдали на ст. 3, максимальное – на ст. 2, при среднем значении 2,98 мгО/л. Все полученные величины были ниже ПДК (4,0 мгО/л), что также, как и в случае с величинами БПК₅, подтверждает незагрязнённое состояние исследуемой акватории. По отношению БПК₅ к окисляемости [9] был рассчитан коэффициент загрязнения K_z . Его величины изменялись в пределах от 0,34 до 0,91 и были меньше 1,0, что свидетельствует об отсутствии загрязнённости данной акватории.

Содержание **растворённого органического вещества ($C_{ров}$)** в 2021 году, рассчитанное по величинам окисляемости и коэффициента перерасчета (0,34), изменялось в пределах 7,11 до 10,47 мгС/л. Величины $C_{ров}$ за период 2010–2021 год находились в диапазоне 7,09–27,53 мгС/л. Исключение составил 2013 год, когда содержание $C_{ров}$ на прибрежной ст.13, подверженной влиянию хозяйственного стока от пгт Коктебель, было в 1,5 (44,26 мгС/л) раза выше указанного нами диапазона. Сравнение предела изменчивости $C_{ров}$ в настоящее время с таковым, полученным в 2004 году [3], показывает, что накопление $C_{ров}$ в современный период отсутствует. Используя величины перманганатной окисляемости, полученные нами в районах исследования, рассчитано содержание органического углерода ($C_{ров}$) в акватории Карадага и Коктебельской бухты.

Таблица 1.
Многолетняя изменчивость величин растворенного органического вещества $C_{ров}$ для прибрежных станций в районе Карадага в мае–июне (2010–2021 гг.)

№ ст	2010	2011	2012	2013	2014	2016	2017	2018	2019	2020	2021
13	21,03	15,56	19,73	44,26	15,71	9,0	7,76	16,32	10,53	9,58	8,74
1	–	9,62	9,26	9,44	11,82	10,03	10,68	12,94	14,06	11,65	7,11
4	27,53	10,23	11,47	10,85	15,32	8,56	12,41	13,59	10,82	11,91	8,12
7	25,71	9,15	10,73	–	12,0	7,09	10,74	13,26	10,21	10,29	10,47

Биогенные вещества. Концентрация **нитритов** имела низкие однородные значения: на поверхности изменялась от 0,9 до 1,7 мкг/л, в придонном слое – от 0,7 до 3,1 мкг/л. Содержание **нитратов** на поверхности находилась в пределах от 1,9 до 25,6 мкг/л, при среднем значении 6,5 мкг/л. В придонном слое величины **нитратов** колебались в пределах от 2,0 до 13,2 мкг/л, при среднем значении 6,1 мкг/л. Для **аммонийного азота** на поверхности величины содержания изменялись в диапазоне 0,8–12,2 мкг/л, при среднем значении 3,7 мкг/л. Распределение величин нитратов и азота аммонийного представлено на рис. 3. В целом, концентрации нитритов,

**ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ
КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.**

нитратов и аммонийного азота имели низкие значения и однородное распределение по акватории.

Концентрация **фосфатов** на поверхности колебалась от 1,2 до 11,1 мкг/л, при среднем 4,2 мкг/л. В придонном слое фосфаты изменялись от 0,3 до 4,6 мкг/л, при среднем значении 2,6 мкг/л. Величины **кремния** на поверхности изменялась от 5,9 до 79,4 мкг/л, при среднем значении 38,1 мкг/л. В придонном слое величины содержания кремния находились в диапазоне от 13,2 до 100,8 мкг/л, при среднем значении 42,6 мкг/л. Максимальная величина кремния на поверхности наблюдалась на ст. 19 (Сердоликовая бухта), минимальная — на ст. 21 (пгт Курортное). В придонном слое максимум кремния наблюдали на ст. 3 (мыс Мальчин), минимум на прибрежной ст. 4 в Сердоликовой Бухте.

В придонном слое на ст. 12, 2, 3 и 6 отмечены повышенные значения кремния, что, возможно, указывает на присутствие пресных вод подземного происхождения и подтверждается более ранними исследованиями [4]. На поверхности прибрежных станций (ст. 13, 1, 4, 7 и 22) зафиксированы повышенные значения кремния относительно придонного слоя, что указывает на локальное влияние хозяйственного стока на прибрежную акваторию. В районе ст. 2 (м. Мальчин) и в районе ст. 6 (биостанция) в слое 30–0 м субмаринная разгрузка подтверждена повышенными концентрациями нитратов (8,2 и 7,6 мкг/л соответственно) и пониженным содержанием кислорода (97,7 и 100,0% насыщения).

Концентрации **органического фосфора ($P_{орг}$)** на поверхности изменялись в пределах 2,2–33,7 мкг/л. Минимальное значение отмечено на мористой ст.1, максимальное – на прибрежной станции в Коктебельской бухте. На поверхности всей исследуемой акватории величины процентного отношения минеральной формы фосфора к общей форме ($P_{мин}:P_{вал}$) изменялось от 9,09 до 76,09% (табл. 2). В восточной части акватории величины $P_{мин}:P_{вал}$ были выше 30% (ст. 12, 11, 2, 3, 1, 4 и 19), что указывает на преобладание черноморских вод, на остальной акватории, где отношение $P_{мин}:P_{вал} < 30\%$, (см. рис. 3) прослеживалось влияние азовоморских вод, что подтверждается более ранними исследованиями [10].

Таблица 2.

Величины отношения $P_{мин}:P_{вал}$ (%) в мае 2021 г. на поверхности акватории
Карадагского природного заповедника

№ станции	$P_{мин}:P_{вал}$	№ станции	$P_{мин}:P_{вал}$	№ станции	$P_{мин}:P_{вал}$
13	10,85	1	39,77	5	25,71
12	54,41	4	51,89	7	25,62
11	76,09	19	45,21	21	23,42
2	59,26	20	12,77	22	22,46
3	47,65	6	9,09		

Величины **органического азота** имели достаточно высокое значение и равномерное распределение на поверхности акватории. Концентрация органического азота изменялась от 404 (ст. 1) до 554 (ст. 12) мкг/л (при среднем значении 492 мкг/л).

Минимальное значение $N_{\text{орг}}$ отмечено на ст. 1 (404 мкг/л), повышенное – на ст. 7 (527 мкг/л) в районе Биостанции и максимальное – на ст. 12 (554 мкг/л) в б. Коктебель. Высокое содержание $N_{\text{орг}}$ подтверждает влияние хозяйственного стока от пгт Коктебель и от пгт Курортное соответственно.

Распределение гидролого-гидрохимических характеристик во время съёмки 21 сентября 2021 г.

В сентябре наблюдалась термохалинная гомогенность. *Температура* изменялась в пределах 21,1–21,5°C (рис. 4), что близко к среднемуголетним значениям. С глубиной температура практически не изменялась, однако, на прибрежных станциях в Коктебельской бухте наблюдалась обратная стратификация, т.е. у дна температура воды была выше, чем на поверхности.

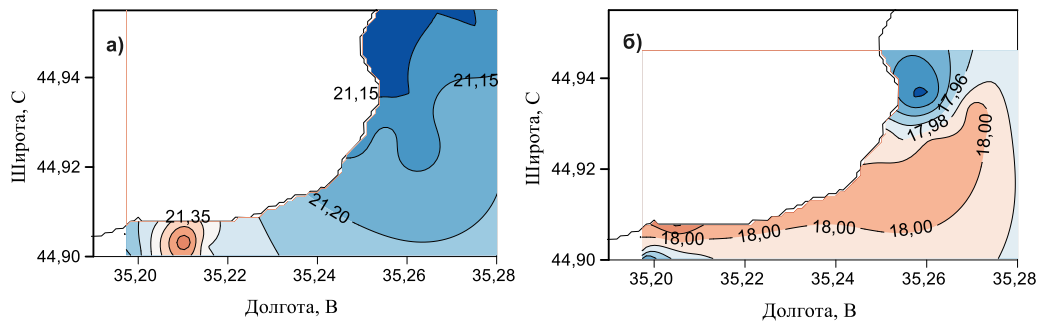


Рис. 4. Распределение поверхностной температуры (а) и солености (б) 21.09.2021 г.

Соленость изменялась в диапазоне 17,90–18,05‰. Эти значения несколько выше среднемуголетних показателей. С глубиной соленость, также, как и температура, почти не менялась, за исключением станции 4, где в придонном слое наблюдалось заметное распреснение. Это говорит об источнике субмаринной разгрузки, что подтверждается гидрохимическими показателями.

Содержание *растворённого кислорода* в слое поверхность-дно было довольно равномерным. Его величины колебались в пределах от 4,93 до 5,78 мл/л и от 86,9 до 103,5% насыщения. Минимальное содержание на поверхности отмечено в районе м. Мальчин, на ст. 3 (5,08 мл/л; 90,6% насыщения). Минимальное значение у дна зафиксировано в Сердоликовой бухте на глубине 30 м (4,96 мл/л; 86,8% насыщения). Недосыщение кислородом составило 13,2%, что возможно обусловлено присутствием источников пресных вод подземного происхождения и подтверждается максимальной концентрацией кремния и нитритов. В придонном горизонте на ст. 2 мы также отметили минимальную величину абсолютного содержания кислорода (4,93 мг/л) и повышенную концентрацию кремния и нитритов, что также указывает на возможное присутствие источника пресной воды.

Максимальную величину кислорода на поверхности наблюдали на прибрежной станции в Коктебельской бухте (5,78 мл/л и 103,5% насыщения), в придонном слое – в районе Биостанции на глубине 21 м (5,64 мл/л и 101,5%). Средние величины растворённого кислорода во всём исследуемом слое составили 5,55 мл/л и 99,4%. Эти

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ
КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.

величины превышали ПДК для рыбохозяйственных водоёмов, равные 4,2 мг/л и 40% насыщения, что подтверждает «чистоту» исследуемой акватории. Распределение величин содержания кислорода на поверхности представлено на рис. 5.

Величины БПК₅ в сентябре 2021 г. распределялись достаточно равномерно: от 0,53 до 1,64 мг/л при средней величине, равной 1,1 мг/л. Все величины БПК₅ были ниже ПДК в 1,2–3,8 раз, что свидетельствует о низком содержании нестойкого органического вещества в этот период.

Величины окисляемости так же, как и величины БПК₅, измерялись только на поверхности, диапазон изменчивости составлял от 2,86 до 5,69 мгО/л. Величины окисляемости превышали значения ПДК, равной 4,0 мгО/л в Коктебельской бухте на ст. 12 (5,69 мгО/л), ст. 13 (4,61 мгО/л), и на мористой ст. 6 в районе Биостанции (4,39 мгО/л), что объясняется повышенной антропогенной нагрузкой от пгт Коктебель и пгт Курортное. Средняя для всей акватории величина составила 3,8 мгО/л. Распределение величин БПК₅ и окисляемости на поверхности представлено на рис. 5.

Величины коэффициента загрязнения (K_3), рассчитанные по Скопинцеву [9] как отношение БПК₅ к окисляемости, имели диапазон изменчивости от 0,13 до 0,56 и были ниже 1,0, что подтверждает незагрязнённое состояние данной акватории и характеризует общую санитарную обстановку в исследуемом районе как благоприятную.

Содержание растворенного органического вещества $C_{ров}$ было рассчитано косвенным методом по величинам перманганатной окисляемости в щелочной среде. Последние дают представление о количестве кислорода, идущего на частичное окисление органического вещества (ОВ), а сам метод позволяет быстро получить ориентировочную оценку содержания в воде ОВ. Принято считать, что ОВ природных вод на 50% состоит из органического углерода, содержание азота – на порядок, а фосфора — на два порядка меньше, чем углерода. По данным Б. А. Скопинцева, среднее содержание углерода в 0–50 м слое Черного моря составляет 3,6 мг/л, а средняя величина окисляемости в этом слое равна 1,22 мг/л. Отсюда величина отношения кислорода окисляемости к углероду в среднем равна 0,34 [9]. Используя величины перманганатной окисляемости, полученные нами в районах исследования, и коэффициент перерасчета (0,34), рассчитано содержание органического углерода ($C_{ров}$) в акватории Карадага и Коктебельской бухты (табл. 3).

Содержание $C_{ров}$ в 2021 г. изменялось в пределах от 8,41 до 16,74 мгС/л, в период 2010–2021 год имело диапазон изменчивости 6,21–20,15 мгС/л. Сравнение диапазона изменчивости $C_{ров}$ в настоящее время с таковым, полученным нами ранее в 2004 году, показывает, что накопления $C_{орг}$ за исследуемый период не наблюдали (табл. 4).

Содержание органического вещества в поверхностном слое Черного моря в 50–60 гг. прошлого столетия имело пределы колебаний от 2,0 до 4,0 мгС/л [9]. Величины содержания $C_{орг}$, полученные нами в современный период, выше в 4–8 раз, т.е. содержание растворённого органического вещества существенно повысилось.

Содержание растворенного органического вещества, полученное в настоящее время в районе Карадага в 2021 г., осталось на уровне 2004 г., что указывает на отсутствие накопления растворенного органического вещества за последние 17 лет в прибрежных водах Карадага.

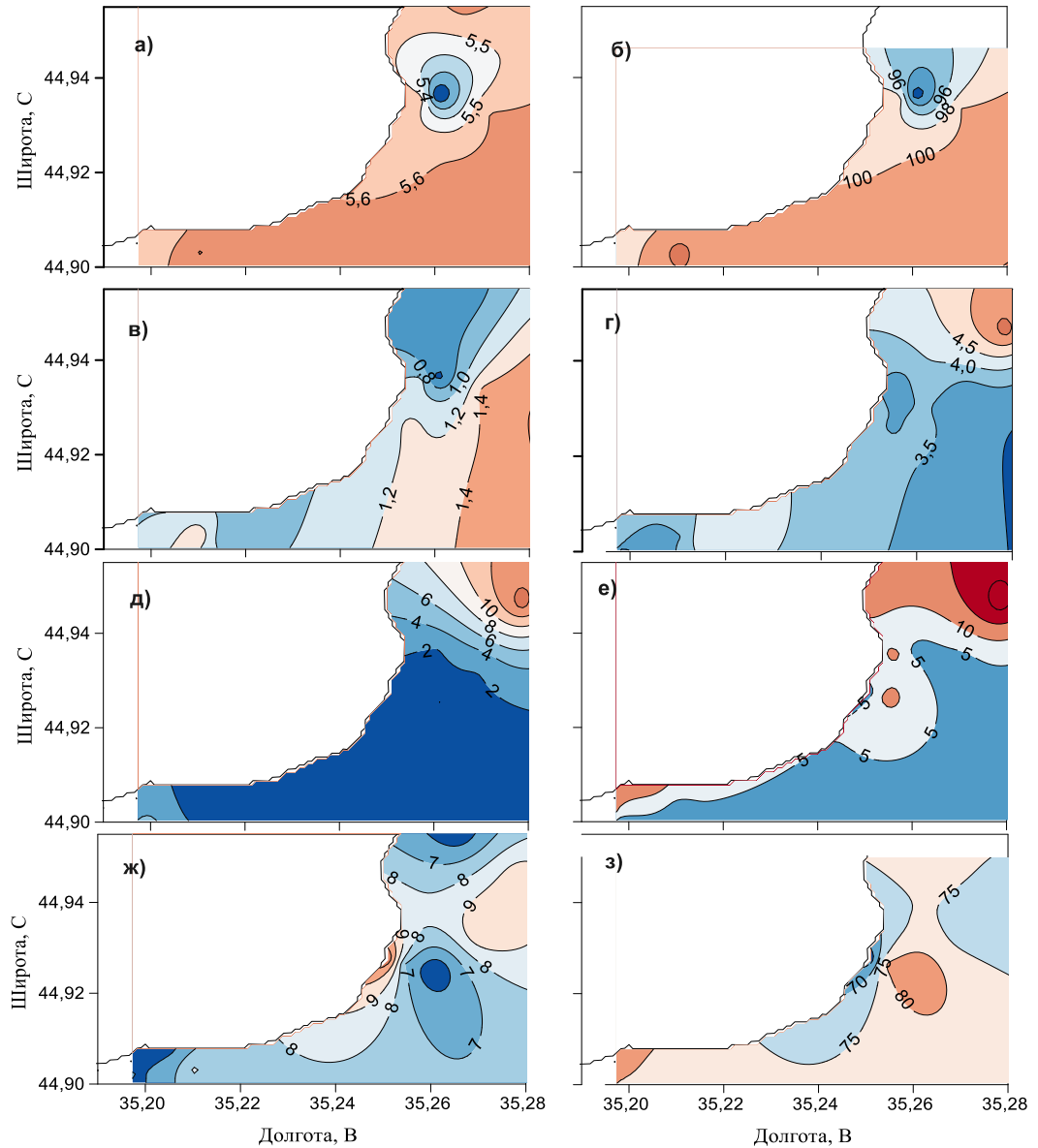


Рис. 5. Горизонтальное распределение гидрохимических параметров на поверхности акватории Карадагского заповедника в мае 2021 г.: а) кислород, мл/л; б) кислород, %; в) БПК₅, мг/л; г) окисляемость, мгО/л; д) нитраты, мкг/л; е) азот аммонийный, мкг/л; ж) фосфаты, мкг/л; з) $P_{\min}:P_{\text{вал}}$, %.

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ
КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.

Таблица 3.

Величины окисляемости (мгО/л) и растворённого органического вещества $C_{ров}$ (мгС/л) в сентябре 2021 г. на акватории Карадагского природного заповедника

№ ст.	Окисляемость	$C_{ров}$	№ ст.	Окисляемость	$C_{ров}$
13	4,61	13,56	19	3,44	10,11
12	5,69	16,74	20	3,67	10,79
11	2,93	8,62	6	4,39	12,91
2	3,13	9,2	5	3,47	10,2
3	3,87	11,4	7	3,62	10,65
1	3,27	9,62	21	2,86	8,41
4	3,74	11,0	22	3,92	11,6

Таблица 4.

Многолетняя изменчивость величин растворенного органического вещества $C_{ров}$ на прибрежных станциях в районе Карадага в сентябре (2010–2021 гг.)

№ ст	2004	2010	2011	2012	2013	2016	2018	2021
13	–	–	6,21	15,03	11,32	8,29	14,65	13,56
1	13,18	11,35	10,59	9,91	9,65	12,15	15,12	9,62
4	12,24	10,26	7,88	10,44	8,03	11,47	17,53	11,0
7	14,12	11,06	20,15	9,62	15,38	10,06	15,71	10,65

По распределению биогенных веществ отмечен низкий уровень содержания минеральных форм азота и фосфора: предел изменчивости нитритов составлял от 0,1 до 3,0, нитратов – от 0,8 до 14,9, аммонийного азота – от 2,4 до 22,3 и фосфатов – от 4,9 до 17,3 мкг/л. Распределение вышеуказанных форм азота и фосфора по вертикали и горизонтали было достаточно равномерным. Повышенное содержание нитратов (14,9 мкг/л) и аммония (22,3 мкг/л) наблюдали на поверхности в районе Коктебельской бухты, что обусловлено выбросом хозяйственно-бытовых сточных вод от пгт Коктебель. Концентрация кремния на поверхности изменялась от 2,2 мкг/л до 49,8 мкг/л (см. рис. 5). В придонном слое величины кремния составляли значения от 11,7 до 74,9 мкг/л. Биогенные вещества имели, в основном, низкие и однородные величины, характерные для незагрязнённых прибрежных вод.

Содержание *органического фосфора* на поверхности колебалось в узком диапазоне от 19,1 до 38,2 мкг/л, при среднем значении 27,1 мкг/л. Величины $P_{орг}$ выше среднего значения отмечены в Коктебельской бухте (38,2), на прибрежных станциях пгт Курортное (34,1) и устья реки Отузки (19,7 мкг/л). Величины органического азота также, как и органического фосфора изменялись в узком диапазоне, но имели гораздо большие величины (467–567 мкг/л), при среднем значении в 508 мкг/л. Величины выше 500 мкг/л наблюдали на прибрежных ст.13, 22, 21, а также на ст. 5 (район Биостанции) и ст. 3 (район м. Мальчин).

Максимальная концентрация $N_{орг}$, отмеченная на прибрежной станции в бухте Коктебель, наряду с высокой величиной окисляемости (4,61 мгО/л), обусловлена влиянием хозяйственного стока от пгт Коктебель.

Величины процентного отношения $P_{мин}:P_{вал}$ изменялись в интервале от 11,90 до 39,84% и характеризовали влияние азотовоморских вод на 13 станциях из 14 (когда их величины <30%) (см. рис. 5). Минимальная величина отмечена на прибрежной ст. 13 в б. Коктебель (11,90), максимальное значение отношения зафиксировано на прибрежной ст. 4 в Сердоликовой бухте (38,84) (табл. 5).

Таблица 5.

Величины отношения $P_{мин}:P_{вал}$ (%) в сентябре 2021 г. на поверхности акватории Карадагского природного заповедника

№ станции	$P_{мин}:P_{вал}$	№ станции	$P_{мин}:P_{вал}$	№ станции	$P_{мин}:P_{вал}$
13	11,9	1	26,49	5	24,24
12	27,94	4	38,84	7	19,69
11	27,47	19	18,87	21	22,64
2	27,79	20	16,51	22	15,11
3	24,24	6	21,46		

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

Для рассмотрения многолетней изменчивости гидролого-гидрохимических показателей были выбраны 2 станции: ст. 4, находящаяся в акватории заповедника, и ст. 13, располагающаяся в Коктебельской бухте, т.е. в зоне максимального антропогенного влияния. Межгодовые изменения температуры и солёности в мае представлены на рис. 6.

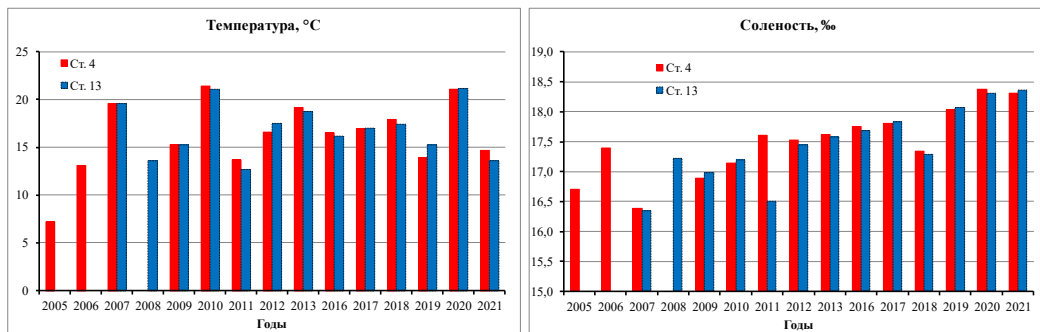


Рис. 6. Межгодовые изменения температуры и солёности на ст. 4 и 13 в мае.

Весной выделяется заметный минимум *температуры* в 2005 г. — 7,2°C. Максимальные температуры отмечены в 2010 г. (21,4°C) и 2020 г. (21,2°C). Таким образом, межгодовая амплитуда превысила 14°C. Общий тренд положительный с угловым коэффициентом 0,06°C/год.

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ
КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.

Минимальные значения *солёности* в мае зафиксированы в 2007 г. — 16,39‰. Надо отметить, что до 2011 г. значения солёности были или ниже, или близки к 17‰. Затем значения стали повышаться и в последние 3 года превысили 18‰, что соответствует общей тенденции повышения солёности в последние 10 лет [4]. Общий тренд положительный с угловым коэффициентом 0,08‰/год.

В сентябре межгодовая амплитуда изменения температуры была значительно ниже, чем весной ~ 5°C, но само распределение более сложное с заметными колебаниями (рис. 7). Общий тренд положительный с более высоким чем в мае угловым коэффициентом в 0,09°C/год.

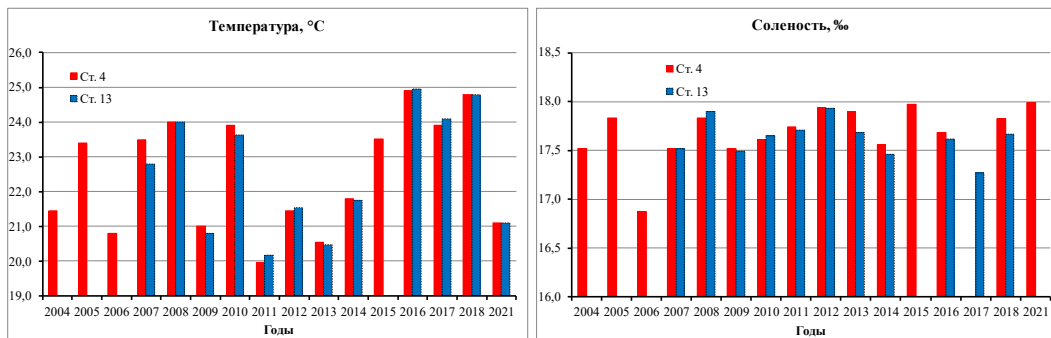


Рис. 7. Межгодовые изменения температуры и солёности на ст. 4 и 13 в сентябре.

Значения солёности в сентябре, в среднем выше, чем в мае, однако 18‰ было зафиксировано только в 2021 г. В целом межгодовое распределение более равномерно, чем весной. Общий тренд так же положительный, но с более низким угловым коэффициентом чуть менее 0,02‰/год.

В мае величины *БПК₅* на поверхности ст. 4 повышались с 2005 по 2012 г. Максимальная величина была выше ПДК примерно в 1,8 раза, далее наблюдали понижение до первоначальных величин. Величины *БПК₅* на поверхности ст. 13 имели тенденцию к повышению значений и до максимальной величины (примерно в 3,7 раза выше ПДК) в 2013 г. Далее наблюдали плавное понижение *БПК₅* до величин меньше ПДК. В целом, отмечены отрицательные тренды с угловым коэффициентом, равным -0,02 на ст. 4 и с угловым коэффициентом, близким к нулю на ст. 13, что говорит об отсутствии накопления нестойкого органического вещества.

В сентябре величины *БПК₅* на ст. 4 повышались с 2004 по 2017 г. с одним промежуточным максимумом в 2007 г., значение которого было близко к ПДК. В 2017 г. отмечен второй максимум, значения которого были выше ПДК в 1,4 раза. На ст. 13 в 2007 г. так же, как и на ст. 4, отмечен первый промежуточный максимум (около полутора ПДК). Далее величины *БПК₅*, начиная с 2008 г. изменялись волнообразно, причем до 2018 г. зафиксировано ещё четыре максимума. Полученные в сентябре величины *БПК₅* имели пониженные значения по сравнению с майскими. Межгодовая изменчивость гидрохимических показателей на поверхности прибрежных станций в б. Коктебель и в районе м. Мальчин в мае и сентябре 2005–

2021 г. представлена на рис. 8. Общий тренд в сентябре, в отличие от мая, был положительный с угловым коэффициентом 0,06 и 0,21 на ст. 4 и 13 соответственно.

Окисляемость в мае на ст. 4 измерялась с 2010 г. В начале наблюдений зафиксирован максимум, превышающий ПДК более чем в 2 раза, затем отмечены практически ровные значения, приближающиеся к ПДК, и только в 2018 г. немного его превышающие. На ст. 13 тенденция изменчивости окисляемости от года к году аналогична тенденции изменчивости окисляемости на ст. 4. Отмечено повышение значений окисляемости с 2011 по 2013 гг., причем максимум, отмеченный в 2013 г. в б. Коктебель выше максимума в районе м. Мальчин в 2010 г. в 1,7 раз (рис. 8). Отмечен отрицательный тренд с угловым коэффициентом, равным -0,02 на ст. 4, и тренд с угловым коэффициентом -0,10 на ст. 13.

В сентябре на ст. 4 величины окисляемости в период наблюдений изменялись незначительно и, в основном, не превышали ПДК. Исключение составил 2014 г., когда величина окисляемости превысила ПДК в 1,3 раза, а также 2018 г., когда был отмечен максимум, равный 1,5 ПДК. Следует отметить, что максимальные величины окисляемости в сентябре на ст. 4 были в полтора раза ниже, а на ст. 13 — в 2,5 раза ниже, чем в мае (рис. 8). Тренды изменчивости и на ст. 4, и на ст. 13 были положительные с угловым коэффициентом на ст. 4, равным 0,09, и на ст. 13, равным 0,10.

В распределении концентраций **фосфатов** в мае на ст. 4 отмечено плавное повышение их значений с 2006 г. по 2009 г., когда зафиксирован максимум (14 мкг/л). На ст. 13 наблюдали несколько повышенные величины фосфатов по сравнению со ст. 4 в течение периода наблюдений и два максимума: в 2009 (27 мкг/л) и в 2013 (52 мкг/л) гг. Закономерностей в распределении фосфатов от года к году в весеннее время не отмечено.

Тенденции изменчивости фосфатов от года к году имели отрицательный тренд с угловым коэффициентом, равным -0,005 на ст. 4 и -0,008 на ст. 13.

В сентябре на ст. 4 величины фосфатов имели более низкие по сравнению с маем значения. Прослеживалась тенденция повышения концентраций фосфатов с 2004 г. по 2016 г., до максимальной величины, равной 13 мкг/л. На ст. 13 с 2007 г. наблюдали волнообразное распределение фосфатов от года к году с максимумом в 14 мкг/л в 2016 г. Тенденция изменчивости величин фосфатов на ст. 13 была аналогична их изменчивости на ст. 4 (рис. 8). Максимальная величина в сентябре на ст. 13 была ниже максимальной в мае в 3,6 раз, а максимальные величины на ст. 4 в мае и сентябре находились на одном уровне (14 мкг/л). Тенденции изменчивости фосфатов от года к году имели положительный тренд с угловым коэффициентом, равным 0,01 на ст. 4 и угловым коэффициентом 0,008 на ст. 13.

Концентрации **кремния** в мае месяце на ст. 4 за весь период исследований изменялись в пределах от 25 до 175 мкг/л. Отмечено 2 максимума: в 2006 (125 мкг/л) и в 2017 (175 мкг/л) гг. Величины кремния, полученные на ст. 4 и 13 в период с 2007 по 2021 гг., имели, в основном, однородные величины и аналогичный характер их распределения. На ст. 13 в мае месяце, также, как и на ст. 4, зафиксировано два максимума: в 2008 (250 мкг/л) и в 2017 (170 мкг/л) гг. Тенденции многолетней изменчивости кремния на ст. 4 имели положительный тренд с угловым

коэффициентом, равным 0,01. На ст. 13 рассчитанный тренд был отрицательным, с угловым коэффициентом, близким к нулю.

В сентябре 2004 г., в самом начале исследований, на ст. 4 отмечен максимум концентраций кремния (252 мкг/л), далее наблюдали плавное понижение до минимальных величин в 2009 г. и дальнейшее изменение от года к году волнообразно с ещё одним максимумом в 2014 г. (140 мкг/л). На ст. 13 с 2007 г. изменчивость кремния от года к году была аналогична его изменчивости на ст. 4. Сами концентрации кремния на ст. 4 и ст. 13 с 2008 г. имели близкие друг к другу значения (рис. 8). Изменчивость величин кремния и фосфатов зависит, в основном, от интенсивности процесса фотосинтеза во время наблюдений. Тенденции изменчивости кремния от года к году имели положительный тренд и в районе мыса Мальчин, и в районе Коктебельской бухты с угловым коэффициентом 0,06 и 0,16 соответственно.

ИССЛЕДОВАНИЯ В 2-МЕТРОВОЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ

Распределение гидрохимических показателей в 2-метровой прибрежной зоне представлено на рис. 9, 10. В мае в районе пляжа наблюдался минимум растворенного кислорода (рис. 9а), который связан с повышенной мутностью и пониженной фотосинтетической активностью на этом участке прибрежной зоны. На границе заповедника в это же время был отмечен минимум БПК₅ и фосфатов и максимум аммония, органического азота, фосфора и окисляемости, которые свидетельствуют о повышенном содержании органического вещества (вероятно, в виде живого и отмирающего фитопланктона) в этом районе. Здесь же отмечается и минимум отношения Si:N = 0,93, которое, будучи ниже соответствующего числа Редфилда (1,4), характерного для прибрежных вод Крыма [11], указывает на кремниевое лимитирование развития диатомовых в этом месте в данный период. Высокие значения отношения минеральных форм азота и фосфора (N:P > 16) в районе Камней Кузьмича и границы заповедника свидетельствуют также о фосфорном лимитировании развития фитопланктона. Однако по мере продвижения на запад, к пляжу и очистным сооружениям, фосфорное лимитирование сменяется азотным (N:P = 9–10). Аналогичную ситуацию мы наблюдали в сентябре 2020 г., причем азотное лимитирование на обеих станциях западнее заповедника было более значительным (N:P = 5–6). Причина большей обеспеченности минеральным (главным образом, нитратным) азотом прибрежных вод Карадагского заповедника по сравнению с прибрежной акваторией за его пределами, по-видимому, заключается в поступлении нитратов с водами азовоморского течения и из Коктебельской бухты, загрязненной хозяйственными и сельскохозяйственными стоками. Загрязняющие стоки также являются причиной повышенной концентрации органического азота (главным образом, предположительно, в составе растворенной мочевины) вблизи очистных сооружений.



Рис. 8. Межгодовая изменчивость гидрохимических показателей на поверхности прибрежных станций в б. Коктебель и в районе м. Мальчин: а) в мае и б) в сентябре 2004–2021 г.

В сентябре минимум растворенного кислорода также наблюдался в районе пляжа (рис. 10а), а наибольшие значения окисляемости, органического азота и фосфора отмечались в районе Камней Кузьмича. На всех станциях содержание органического азота и фосфора было примерно в два раза выше, чем в мае.

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ
КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.

Сентябрьский период был отмечен крайне низкими концентрациями нитрат-ионов в прибрежной зоне, что может быть связано как с уменьшением их поступления, так и с их активной ассимиляцией фитопланктоном. Содержание аммония в сентябре в узкой прибрежной зоне не измерялось. Однако, пользуясь значениями концентраций с прибрежных станций 4, 7, 21, 22 (0,2–1,0 мкМ/л), можно заключить, что соотношение минеральных форм N:P в сентябре не превышало 5,3 на всех станциях прибрежной зоны, что означает строго азотное лимитирование развития фитопланктона.

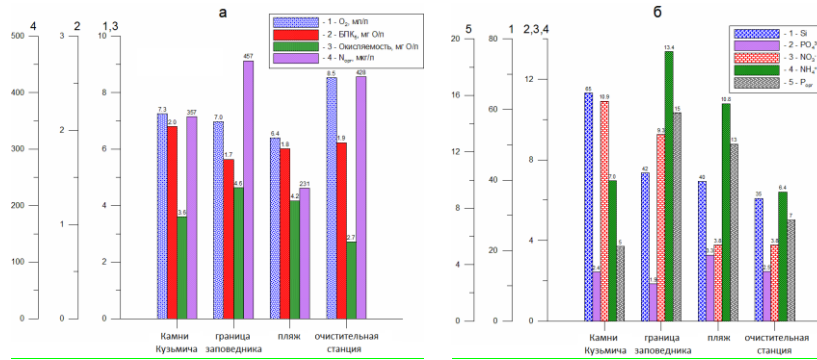


Рис. 9. Распределение содержания (а) растворенного кислорода (O_2), БПК₅, окисляемости и органического азота (N_{org}); (б) нитратов (NO_3^-), аммония (NH_4^+), фосфатов (PO_4^{3-}), кремния (Si) и органического фосфора (P_{org}) в морской воде вдоль береговой линии в районе Карадага 25 мая 2021 г.

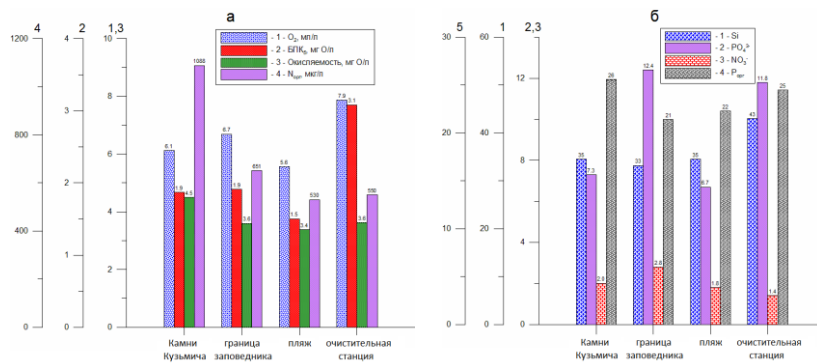


Рис. 10. Распределение содержания (а) растворенного кислорода (O_2), БПК₅, окисляемости и органического азота (N_{org}); (б) нитратов (NO_3^-), аммония (NH_4^+), фосфатов (PO_4^{3-}), кремния (Si) и органического фосфора (P_{org}) в морской воде вдоль береговой линии в районе Карадага 22 сентября 2021 г.

Наибольшей близостью к источнику поступления минеральных и органических загрязнителей к востоку от заповедника объясняется наибольшее содержание

органического вещества на самой восточной станции (Камни Кузьмича), монотонно снижающееся в сторону пляжа. Загрязнение акватории в районе очистных сооружений в сентябре 2021 г. выявлялось по повышенному значению БПК₅ (3,1 мг/л), в 1,5 раза превышающему ПДК по рыбохозяйственным нормативам.

В целом, значения гидрохимических показателей (за исключением растворенного кремния) в 2-метровой прибрежной зоне в оба сезона оставались в пределах диапазонов их вариаций, отмеченных в предыдущие годы. Концентрации силикатов и в мае, и в сентябре 2021 г. продемонстрировали рекордно низкие значения, которые вписываются в тенденцию снижения растворенного кремния в прибрежных водах за последние годы, наблюдавшуюся также в шельфовой зоне юго-западного побережья Крыма [12]. Возможной причиной этого снижения могло бы быть уменьшение объемов речного и дождевого стоков, транспортирующих растворенный кремний в море. Однако аналогичных тенденций уменьшения концентрации других биогенных веществ (например, фосфатов), также переносимых с суши пресноводным стоком, не наблюдается. Таким образом, основные причины тенденции понижения содержания растворенного кремния в значительной степени остаются неясными.

ВЫВОДЫ

1. Температура воды и в мае, и в сентябре 2021 г. соответствовала среднемноголетним значениям. Соленость же (в обеих съемках) превышала среднемноголетние показатели, что соответствует общей тенденции повышения солености Черного моря в последние 10 лет.

2. Общие тренды изменения температуры и солености за 16 лет были положительными, но если температура повышалась заметнее в сентябре, то соленость в мае.

3. Отмечен высокий уровень обеспеченности кислородом. В мае во всем слое его абсолютное содержание было выше ПДК (4,2 мл/л) – в 1,7 раза, относительное содержание (ПДК=40% насыщения) было выше в 2,7 раза. В сентябре абсолютное и относительное содержание кислорода превышало ПДК во всем слое в 1,3 и 2,5 раза соответственно.

4. Величины БПК₅ в мае превышали ПДК на 4 станций из 14, в сентябре все значения БПК₅ были ниже ПДК в 1,2–3,8 раз, что свидетельствует о низком содержании нестойкого органического вещества и «чистоте» исследуемой акватории.

5. Величины окисляемости в мае были ниже ПДК, в сентябре они превышали ПДК в Коктебельской бухте (ст. 13 и ст. 12) и в районе Биостанции (ст. 6), что свидетельствует о влиянии антропогенной нагрузки после летнего сезона на акваторию заповедника.

6. Все величины Кз, рассчитанные как отношение БПК₅ к окисляемости, и в мае, и в сентябре были меньше 1,0, что характеризовало общую санитарную обстановку в акватории как благоприятную. Содержание Сров, полученное нами в 2021 г., оставалось на уровне 2004 г., что указывает на отсутствие накопления растворенного органического вещества за последние 17 лет в прибрежных водах Карадага.

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИИ КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И КОКТЕБЕЛЬСКОЙ БУХТЫ В 2021 ГГ.

7. Влияние азовоморских вод на поверхности прослеживалось в мае на 1/2 акватории, в сентябре это влияние было преобладающим и охватывало 13 станций из 14. В придонном слое в мае выявлено возможное присутствие пресных вод подземного происхождения в районах Коктебельской бухты, мыса Мальчин и района Биостанции по повышенным концентрациям кремния и нитратов и пониженному содержанию кислорода.

8. Чётких тенденций в изменении гидрохимических величин от года к году не отмечено. Величины БПК₅ и окисляемости имели отрицательный тренд в мае месяце, что говорит об отсутствии накопления нестойкого органического вещества. В сентябре наблюдали положительные тренды изменчивости от года к году для величин БПК₅ и фосфатов.

9. В 2-метровой прибрежной зоне значения гидрохимических показателей, кроме концентрации силикатов, оставались в пределах диапазонов вариаций, отмеченных в предыдущие годы. В сентябре концентрация растворенных органических веществ была выше, а нитратов – значительно ниже, чем в мае, что свидетельствует о более интенсивном цветении фитопланктона в сентябрьский период. В этот сезон развитие фитопланктона лимитировалось дефицитом минерального азота, и в особенности, низкой концентрацией нитрат-ионов, поступающих, преимущественно, с азовоморским течением.

10. Загрязнение акватории в районе очистительной станции отмечалось в мае по повышенному содержанию органического азота, а в сентябре – по высокому значению БПК₅ (3,1 мг/л), в 1,5 раза превышающему ПДК. В оба сезона на всех прибрежных станциях отмечены рекордно низкие концентрации растворенного кремния за весь период исследований узкой прибрежной зоны (2017–2021 гг.).

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа подготовлена по теме государственного задания ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ РАН "Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса" (№ 121030300149-0).

Список литературы

1. Смирнова А. И. Материалы к гидрохимической характеристике Черного моря в районе Карадага // Тр. Карадагской биол. станции АН УССР. 1960. Вып. 16. С. 3–15.
2. Куфтаркова Е. А., Ковригина Н. П. Изменчивость гидрохимических полей Судакско-Карадагского взморья в весенне-летний период // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа. 1999. С. 161–174.
3. Ковригина Н. П., Павлова Е. В., Мурина В. В., Лисицкая Е. В., Смирнова Ю. Д. Гидрохимическая характеристика и меропланктон прибрежных вод Карадага (2004 г.) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2007. Вып. 15. С. 139–151.
4. Ковригина Н. П., Родионова Н. Ю. Гидрохимические особенности // Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма / Абиотические факторы и условия обитания гидробионтов прибрежной зоны Юго-Восточного Крыма. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. С. 46–59.

5. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. М.: ВНИРО, 1988. 119 с.
6. Rand, McNally. The permanganate index and permanganate value tests for waters and effluents 1983 / Standing Committee of Analysis. London: OCLC Bot, 2011. 18 p.
7. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 725 с.
8. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утверждено Приказом Федерального агентства по рыболовству № 20 от 18.01.2010.
9. Скопинцев Б. А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 335 с.
10. Ковригина Н. П., Трощенко О. А., Щуров С. В. Особенности пространственного распределения гидролого-гидрохимических показателей прибрежной акватории Карадага в современный период (2005–2006 гг.) // Карадаг–2009: Сборник научных трудов, посвященных 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. С. 446–461.
11. Рябушко Л. И., Поспелова Н. В., Балычева Д. С., Ковригина Н. П., Трощенко О. А., Капранов С. В. Микроводоросли эпизоона культивируемого моллюска *Mytilus galloprovincialis* Lam. 1819, фитопланктон и гидролого-гидрохимические характеристики акватории мидийно-устричной фермы (Севастополь, Чёрное море) // Морской биологический журнал. 2017. Т. 2. № 4. С. 67–3.
12. Kapranov S.V., Kovrigina N.P., Troshchenko O.A., Rodionova N.Yu. Long-term variations of thermohaline and hydrochemical characteristics in the mussel farm area in the coastal waters off Sevastopol (Black Sea) in 2001–2018 // Continental Shelf Research. 2020. V. 206. 104185.

THERMOHALINE AND HYDROCHEMICAL STUDIES OF WATERS OF KARADAG NATURE RESERVE AND KOKTEBEL BAY IN 2021

**Troshchenko O. A., Kovrigina N. P., Kapranov S. V.,
Rodionova N. Yu., Bobko N. I., Borisova D. S.**

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: oleg_tr59@mail.ru*

The modern hydrochemical studies (2004–2021) in the Karadag area have been inspired by the need of clarifying the environmental state of the coastal zone, which has long been considered as “clean”, i.e. anthropogenically unaffected. The purposes of this work were: to study the spatiotemporal variations of the main thermohaline and hydrochemical characteristics of Karadag nearshore waters at the present time; to detect long-term trends of these characteristics; and to assess water quality in a narrow 2-meter-wide foreshore strip from Biostation to the Nature Reserve areas.

In May and September 2021, two surveys were conducted in the Karadag Nature Reserve area. Each survey encompassed 14 stations, with seawater samples being taken in the surface layer and in the near-bottom layer. Additionally, four water samples were taken in a 2-meter-wide foreshore zone: near Kuzmich’s Stones, at the western border of the Nature Reserve, on the beach and in the Dolphinarium drain area. The thermohaline and hydrochemical analyses included the measurements of temperature, salinity, dissolved oxygen, five-day biochemical oxygen demand (BOD₅), alkaline permanganate oxidizability, and mineral and organic forms of nitrogen and phosphorus. The analyses were performed in accordance with generally accepted methods.

The concentration of dissolved oxygen was determined using the iodometric method (Winkler titration). The method is based on the conversion of oxygen dissolved in seawater

through redox reactions into an equivalent amount of free iodine, which is quantified by titration with thiosulfate. The oxygen saturation percentage was calculated from seawater temperature and salinity using known formulas. The organic carbon content (C_{пов}) was calculated from the oxidizability values of the surface layer in the coastal area of Karadag Nature Reserve and Koktebel Bay, and the BOD₅-to-oxidizability ratio yielded the pollution coefficient (K_з) according to Skopintsev.

The dissolved inorganic phosphorus concentration was found colorimetrically according to the modified method of Murphy and Riley. The determination of dissolved inorganic silicon was carried out colorimetrically using the blue silicomolybdate complex (Koroleff's method). Nitrite nitrogen was quantified according to a method based on the formation of azo dye in the reaction of nitrite with sulfanilamide hydrochloride and N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride. Nitrate nitrogen was quantified after its reduction to nitrite on copperized cadmium columns. Ammonium concentration was determined colorimetrically using the reaction of ammonium with phenol and trichloroisocyanuric acid catalyzed by nitroprusside in alkaline solution yielding the indophenol blue dye.

This paper presents the results of the field studies in the coastal zone of the Karadag region in the two seasons in 2021. The surface water temperature values for both seasons were close to the long-term monthly mean results. The salinity values were higher than the long-term monthly means, which are in agreement with the salinization trends of recent years.

A high degree of oxygen supply was registered throughout the water column. In May and September, the absolute oxygen concentration exceeded the minimum permissible levels (MPL) by a factor of about 1.5, and the relative oxygen saturation values were approximately 2.5-fold higher than MPL in both seasons. In the narrow foreshore zone, the anthropogenic load in waters near Dolphinarium was noticed in September from the high oxidizability values exceeding the maximum permissible level.

The BOD₅ values, mostly not exceeding the maximum permissible level both in May and September, indicate low concentration of unstable organic matter and, thus, relative "cleanness" of the area under study. In addition, the studied water area can be classified as conditionally "clean" from the pollution coefficient (K_з) values not exceeding 1.0.

In the near-bottom layer in May, the possible submarine groundwater discharge was revealed by increased concentrations of silicate and nitrate and low dissolved oxygen in the areas of Koktebel Bay, Cape Malchin and Biostation.

At the four stations in the narrow foreshore zone stretching from the wastewater treatment facilities and the Dolphinarium drain on the Biostation territory to Kuzmich's Stones on the Nature Reserve territory, there were low nitrate concentrations in September and record-low concentrations of silicate in both seasons. The maxima of organic nitrogen and phosphorus in May were noted at the western border of Karadag Reserve, and twice as high maxima were registered in September in the area of Kuzmich's Stones.

Keywords: Karadag nearshore area; temperature; salinity; dissolved oxygen; BOD₅; oxidizability; nutrients; Azov Sea waters; Black Sea.

References

1. Smirnova A. I. Materialy k gidrohimicheskoy karakteristike Chernogo morja v rajone Karadaga (Materials for the hydrochemical characteristic of the Black Sea in the Karadag area). Trudy Karadagskoj biologicheskoy stancii AN USSR, 1960, no. 16, pp. 3–15. (in Russian).

2. Kuftarkova E. A., Kovrigina N. P. Izmenchivost' gidrohimicheskikh polej Sudaksko-Karadagskogo vzmor'ja v vesenne-letnij period (Variations of hydrochemical fields in the Sudak and Karadag coastal waters in spring and summer), in *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa: Sbornik nauchnyh trudov NAN Ukrainy* (Ecological safety of the coastal and shelf zone and the integrated use of shelf resources: Collection of scientific papers of the National Academy of Sciences of Ukraine). Sevastopol: Marine Hydrophysical Institute (Publ.), 1999, pp. 161–174. (in Russian).
3. Kovrigina N. P., Pavlova E. V., Murina V. V., Lisitskaya E. V., Smirnova Yu. D. Hidrohimicheskaja harakteristika i meroplankton pribrezhnyh vod Karadaga (2004 g.) (Hydrochemical characteristics and meroplankton of Karadag coastal waters (2004)). *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa*, 2007, no. 15, pp. 139–151. (in Russian).
4. Kovrigina N. P., Rodionova N. Yu. Hidrohimicheskie osobennosti (Hydrochemical characteristics), in Kostenko N. S. Ed. *Biologiya Chernogo morya u beregov Yugo-Vostochnogo Kryma. Abioticheskie faktory i usloviya obitaniya gidrobiontov pribrezhnoj zony Yugo-Vostochnogo Kryma* (Biology of the Black Sea off coasts of southeastern Crimea. Abiotic factors and habitat conditions for hydrobionts in the coastal zone of southeastern Crimea). Simferopol: ARIAL (Publ.), 2018, pp. 46–59. (in Russian).
5. *Metody gidrohimicheskikh issledovanij osnovnyh biogennyh elementov* (Methods for hydrochemical studies of main nutrients). Moscow: VNIRO (Publ.), 1988, 119 p. (in Russian).
6. Standing Committee of Analysts. The permanganate index and permanganate value tests for waters and effluents, London: H.M. Stationery Office, 1983, 18 p.
7. *Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v okeanah i morjah* (Guidelines for thermohaline studies in the oceans and seas). Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1977, 725 p. (in Russian).
8. *Normativy kachestva vody vodnyh ob#ektov rybohozjajstvennogo znachenija v tom chisle normativov PDK vrednyh veshhestv v vodah vodnyh ob#ektov rybohozjajstvennogo znachenija* (Water quality standards for fishery water bodies, including maximum permissible levels for harmful substances in waters of fishery importance). Approved by Order of the Russian Federal Agency for Fisheries No. 20 dated 18.01.2010. (in Russian).
9. Skopincev B.A. *Formirovanie sovremennoogo himicheskogo sostava vod Chernogo morja* (Formation of the modern chemical composition of the Black Sea waters). Leningrad: Gidrometeoizdat (Publ.), 1975, 335 p. (in Russian).
10. Kovrigina N. P., Troshchenko O. A., Shchurov S. V. *Osobennosti prostranstvennogo raspredelenija gidrologo-gidrohimicheskikh pokazatelej pribrezhnoj akvatorii Karadaga v sovremennyj period (2005 – 2006 gg.)* (Spatial distribution of thermohaline and hydrochemical characteristics in the coastal waters of Karadag in the modern period (2005 - 2006)), in *Karadag – 2009: Sbornik nauchnyh trudov, posvyashchennyh 95-letiyu Karadagskoj nauchnoj stancii i 30-letiyu Karadagskogo prirodnoho zapovednika Nacional'noj akademii nauk Ukrainy* (Karadag – 2009: Collection of Scientific Papers Dedicated to the 95th Anniversary of Karadag Research Station and the 30th Anniversary of Karadag Nature Reserve of National Academy of Sciences of Ukraine). Sevastopol: EKOSI-Gidrofizika (Publ.), 2009, pp. 446–461. (in Russian).
11. Ryabushko L. I., Pospelova N. V., Balycheva D. S., Kovrigina N. P., Troshchenko O. A., Kapranov S. V. *Mikrovodorosli epizooza kul'tiviruemogo molljuska Mytilus galloprovincialis Lam. 1819, fitoplankton i gidrologo-gidrohimicheskie harakteristiki akvatorii midijno-ustrichnoj fermy* (Sevastopol', Chjornoe more) (Epizoon microalgae of the cultivated mollusk *Mytilus galloprovincialis* Lam. 1819, phytoplankton, hydrological and hydrochemical characteristics in the mussel-and-oyster farm area (Sevastopol, Black Sea)). *Morskoy biologicheskij zhurnal* (Marine Biological Journal), 2017, no. 2(4), pp. 67–83. (in Russian).
12. Kapranov S.V., Kovrigina N.P., Troshchenko O.A., Rodionova N.Yu. Long-term variations of thermohaline and hydrochemical characteristics in the mussel farm area in the coastal waters off Sevastopol (Black Sea) in 2001–2018, *Continental Shelf Research*, 2020, no. 206, 104185.

Поступила в редакцию 19.05.2022 г.

**РАЗДЕЛ 5.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ**

УДК 911.3:30:316.48(477.75). 519.23

**ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ И СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО
НАСЛЕДИЯ ЕВПАТОРИИ СОВЕТСКОГО ПЕРИОДА**

Кравченко И. В.¹, Яковлев А. Н.²

*^{1,2}Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская
Федерация*

E-mail: ¹zx3com@gmail.com, ²andrey_yakovlev84@list.ru

В работе рассматриваются возможности применения цифровых технологий в области сохранения и актуализации культурного наследия, создания виртуальной модели объекта историко-культурного наследия санитарно-курортного комплекса советского периода г. Евпатория, рассмотрение перспектив применения ГИС — технологии как программно-технологического инструментария в решении задач по охране, визуализации, хранения и анализа информации об объектах историко-культурного наследия города Евпатория. Обосновывается выбор построения виртуального гида вокруг объектов культурного наследия регионального значения как перспективного направления актуализации внутреннего туризма. **Ключевые слова:** культурное наследие, объект культурно-исторического наследия, культурный ландшафт, цифровизация, цифровая модель, туристско-экскурсионная деятельность, санаторно-курортный комплекс, ГИС-технологии.

ВВЕДЕНИЕ

Историко-культурное наследие — это материальные и духовные ценности, созданные в прошлом и имеющие значение для сохранения и развития самобытности общественно-территориальной системы, как на региональном, так и на государственном уровне. Недвижимые объекты историко-культурного наследия (памятники истории и культуры) составляют его материальную основу и формируют историко-культурную среду [1]. Объекты историко-культурного наследия зачастую выступают маркерами культурной и региональной самоидентификации населения, выступая неотъемлемой частью культурного ландшафта, в пределах которого происходит жизнедеятельность представителей регионального сообщества [2]. Одновременно с важной социокультурной ролью в формировании регионального сообщества, памятники историко-культурного наследия выступают объектами туристско-экскурсионного интереса, становятся катализатором развития туристско-экскурсионной деятельности.

В современном законодательстве Российской Федерации наряду с задачами сохранения объектов культурного наследия, под которым понимается комплекс мер, направленный на поддержание физической целостности объекта, отдельно оговаривается право на доступ и использование объектов культурного наследия

гражданами, в том числе, их вовлечения в туристический процесс [3]. Естественно, что это право должно быть реализовано без нанесения вреда памятникам истории и культуры, при учете минимизации воздействия на памятник со стороны заинтересованных. Возникает конфликт одновременно реализуемых задач, по сохранению памятника, его дальнейшего изучения и вовлечения в различные сферы деятельности человека.

Деятельность по сохранению историко-культурного наследия крайне актуальна в исследовательской среде. Научные изыскания решения поставленной проблемы находятся на стыке культурологии, правоведения, истории, географии, социологии, сферы туризма и музейного дела [4, 5, 6, 7, 8, 9]. При этом одной из наиболее выраженных тенденций современного изучения, охраны и ревитализации культурного наследия является применение информационных цифровых технологий в качестве передового метода, обеспечивающего массовую доступность и сохранность объекта [10, 11, 12]. Активное применение современных цифровых и геоинформационных технологий позволяют сохранять и по-новому организовывать информационную базу об историко-культурных объектах, расширять и облегчать доступ к ней, способствуют росту исследовательских, образовательных, просветительских и социальных проектов, популяризации самого объекта [13].

После воссоединения Крыма с Российской Федерацией республика с новой силой обретает образ региона с особой ролью в истории Отечества. Развитие новой имидж-стратегии возможно различными способами, в том числе посредством практик внутреннего туризма с применением современных цифровых технологий.

Наряду с природными достопримечательностями, купально-пляжными и лечебно-оздоровительными ресурсами Крымского полуострова, традиционно являвшимися визитной карточкой туризма в Крыму, мы считаем необходимым развивать такое важное с точки зрения воспитательной и просветительской функции направление, как культурно-познавательный туризм [14]. Важными индикаторами, наглядно демонстрирующими культурно-исторические особенности региона, являются объекты культурно-исторического наследия, составляющие объективированную основу развития туристско-экскурсионной, просветительской и краеведческой работы как «на местах», так и в регионе в целом. Огромное значение в развитии данного направления приобретает цифровизация объектов историко-культурного наследия, то есть создание цифровой модели локального объекта культурного ландшафта, разработка новых интерактивных средств информации, позволяющих получить набор разнообразных данных об объекте культурного наследия.

Не меньшее значение, по нашему мнению, представляет собой вовлечение в процесс цифровизации объектов, по разным причинам, не включаемых ранее в традиционные экскурсионные маршруты, что в свою очередь расширит культурно-познавательный ресурс региона, а также будет способствовать сохранности и популяризации объекта культурно-исторического наследия [15].

Одним из перспективных направлений этого процесса является цифровизация объектов санаторно-курортной инфраструктуры Крыма советского периода, которые претендуют на максимальную аутентичность в архитектурном и культурно-

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ЕВПАТОРИИ СОВЕТСКОГО ПЕРИОДА

историческом плане. По нашему мнению, до сегодняшнего дня объекты культурно-исторического наследия санаторно-курортной инфраструктуры Крыма советского периода, локализованные в Евпаторийском регионе, находились на периферии исследовательского интереса специалистов в области цифровизации культурного наследия.

В академической среде Крыма мероприятия по разработке и созданию цифровых моделей объектов санаторно-курортной инфраструктуры полуострова советского периода (конкретно - в г. Евпатория) ранее не проводились. Это перспективный вектор исследовательских работ, который поможет открыть новую страницу развития курорта на базе инновационных методов, применяемых к объектам ушедшей эпохи.

Целью работы является исследование возможности применения цифровых технологий в области сохранения и актуализации культурного наследия, создания виртуальной модели объекта историко-культурного наследия санитарно-курортного комплекса советского периода г. Евпатория, рассмотрение перспектив применения ГИС-технологии как программно-технологического инструментария в решении задач по охране, визуализации, хранения и анализа информации об объектах евпаторийского историко-культурного наследия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения указанной цели на первом этапе работы ставилась задача отбора наиболее показательных, информационно ёмких и при этом не вовлеченных в активный туристско-экскурсионный процесс объектов историко-культурного наследия г. Евпатория, игравших значимую роль в советский период развития санаторно-курортного комплекса. В результате отбора, опираясь на группу разработанных авторами критериев, объектом исследования стало архитектурное сооружение «Дача Крицких», возведенное в начале XX века. На втором этапе проводилась подборка источников, сбор архивной информации, динамического фоторяда, касающегося выбранного объекта с последующим анализом и систематизацией полученного материала. Ключевым этапом стали действия, направленные на создание прототипа цифрового двойника объекта для чего, в начале, был применен специализированный наземный лазерный сканер Leica BLK-360, используемый для получения сканов трехмерных объектов в форме облака цифровых точек, передающих пространственные координаты здания, подробно фиксирующего все детали фасадной плоскости и отдельных элементов архитектуры. Далее, полученные данные сканирования объекта обрабатывались посредством программы Leica Cyclone, используемой для обработки материала, полученного при работе с указанным прибором. Сканирование объекта сопровождалось детальной фотосъемкой фасадной части здания и наиболее характерных элементов архитектуры, в целях дальнейшей детализации полученной цифровой модели.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В России стремительно развивается процесс цифровизации культуры, в том числе и культурного наследия, актуальность цифровизации зафиксирована на законодательном уровне распоряжением правительства от 20 сентября 2019 года №2129-р. «Стратегия развития туризма в Российской Федерации в период до 2035 года» [16]. Среди прочих значимых позиций в указанном документе отметим: *обеспечение возможности ознакомления с культурными и природными достопримечательностями, экспозициями музеев, туристскими маршрутами в онлайн - режиме с использованием технологий визуализации, виртуальных экскурсий, технологий дополненной реальности и др.; разработку мультимедийных приложений для объектов показа, сервисов аудио- и видеогидов с возможностью интеграции с GPS-навигацией, использованием QR-кодов для формирования запросов* [17].

В процессе актуализации социокультурно ориентированных государственных программ и проектов следует обратить особое внимание на те, из векторов их реализации, которые могли бы переориентировать интерес и привлечь внимание к множеству объектов историко-культурного наследия, находящихся в "информационной тени", периферийной зоне. Развитие указанного формата интерактивного взаимодействия с объектами историко-культурного наследия советского периода курортного региона, представленного посредством доступного интерфейса, будет способствовать привлечению новой аудитории в качестве туристов, а также интересующихся малоизвестными фактами культурного прошлого своего региона. Особо отметим доступность ознакомления с интересующим виртуальным объектом для лиц с ограниченными физическими возможностями, а также нивелирование географических лимитирующих факторов.

Выбранный объект культурного наследия регионального значения «Дача Крицких, начало XX века» является одним из наиболее характерных зданий подобного архитектурного стиля, значение и формы курортной эксплуатации которого видоизменялись на различных этапах истории города. «Дача Крицких» - исторический объект курортно-досуговой сферы, в реестр курортно-санаторных объектов внесена еще в 20-е годы XX века, ныне выступает аутентичным объектом, сохраняющим архитектурные образы прошедшей эпохи [18]. Современный статус объекта определяется как: «Дача Крицких, начало XX века» — объект культурного наследия регионального значения (постановление Совета министров Республики Крым от 20.12.2016 № 627; охранное обязательство утверждено приказом Государственного комитета по охране культурного наследия Республики Крым от 2.02.2018 г. № 44), расположенного в пределах территории современного санаторно-курортного комплекса ГБУ РК «Клинический санаторий для детей с родителями «Здравница» (правопреемник ГБУ РК «Санаторий для детей и детей с родителями «Радуга») [19].

На основе проведенных работ по сбору данных, в том числе, методом объемного цифрового сканирования, разработана цифровая модель исследуемого памятника, в дальнейшей работе с объектом и уже имеющимися результатами цифровизации

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ ЕВПАТОРИИ СОВЕТСКОГО ПЕРИОДА

планируется разработка прототипа виртуального гида, в основе которого заложена цифровая модель архитектурного сооружения. Был спроектирован оптимальный сценарий использования виртуального гида в рамках профильной экспертной работы по охране культурного наследия и его вовлечения в туристско-экскурсионный процесс.

Масштабирование дальнейшей работы, цифровизацию иных объектов историко-культурного наследия советского периода города Евпатория, авторы видят, в том числе, при активном применении современных ГИС-технологии. Территориально разрозненные, точно локализованные объекты историко-культурного наследия формируют определенную пространственную мозаику тематических элементов, каждый из которых имеет свою географическую привязку, координаты, охранную зону, ведомственную принадлежность, характер современного использования, статус, информационную ёмкость, транспортную и иные формы доступности, многие другие характеристики определяющие необходимость создания индивидуальных баз данных системно связанных единой картографической основой. Применение ГИС-технологии предоставляет возможность: создавать пространственную модель городского культурного ландшафта, содержащую максимально возможную информацию об интересующих объектах историко-культурного наследия; разрабатывать специализированную программную основу для ретроспективного анализа изменений состояния как отдельно рассматриваемого объекта, так и для типологических групп; создание и редактирование неограниченного множества тематических слоев их выборочной визуализации; возможность проведения измерений и расчетов, решения комплексных аналитических задач. Современные ГИС располагают инструментарием трехмерного моделирования с их помощью можно отображать и детально визуализировать все характерные особенности объекта, а также особенности взаимодействия и взаимосвязей между отдельными объектами, способы интерактивной визуализации пространственно разрозненных объектов [20]. Результаты сопряжения цифровых моделей с множеством инструментальных возможностей геоинформационных систем в исследовании, сохранении и популяризации объектов историко-культурного наследия санаторно-курортного комплекса советского периода курортных населенных пунктов, предоставляет в дальнейшем возможность создания особого информационного продукта — реестра памятников с полной базой данных о них, интерактивный ресурс с возможностью доступа для массового пользователя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачи сохранения и популяризации объектов историко-культурного наследия всегда выступала одной из ключевых в сфере социокультурной стратегии развития как государства в целом, так и отдельных регионов. В целях осуществления данных положений создана система культурных учреждений, которые занимаются аккумуляцией культурного наследия, сохраняя и передавая его следующим поколениям, в современных условиях деятельность учреждений культуры

существенно меняется: все активнее используются возможности современных информационных технологий [21].

Активное использование современных цифровых информационных технологий, по мнению исследователя Л. А. Прониной, трансформирует качество культурного пространства, преодолевает географические границы, способствует интенсификации обмена информацией, стирает границы между центром и периферией. Современные технологии трансформировали технологическую сущность функции создания культурного наследия и его продвижения, определили формирование проблемы сохранения цифрового культурного наследия [21].

Создание цифровых моделей объектов историко-культурного наследия позволит по-новому рассказать и визуализировать историю развития санаторно-курортного комплекса Республики Крым, в котором достойное место займет виртуальная панорама памятников архитектуры с высоким уровнем детализации. Кроме того, одним из результатов применения цифровых моделей является разработка цифровых гидов как основы разработки новых экскурсионных маршрутов, популяризации малоизвестных памятников культуры, в том числе в регионах, туристический потенциал которых не так высок, как в прибрежных территориях Крыма. Наиболее перспективным продолжением цифровизации объектов историко-культурного наследия, является сопряжение моделей с инструментарием геоинформационных технологий, позволяющих масштабировать исследования, разработать программное обеспечение, содержащее базу данных памятников с оптимальным набором данных о них и открытое для массового пользователя.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена в рамках гранта РНФ № 22-28-20520 «Создание прототипа цифрового гида по истории санаторно-курортной инфраструктуры Крыма советского периода (на примере г. Евпатория)».

Список литературы

1. Государственное казённое учреждение Республики Карелия. Республиканский центр по государственной охране объектов культурного наследия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://monuments.karelia.ru/ob-ekty-kul-turnogo-nasledija/vidy-ob-ektov-kul-turnogo-i-istoricheskogo-nasledija/#:~:text=Историкокультурное%20наследие%20%20это%20материальные,и%20формируют%20историко-культурную%20национальную%20среду> (дата обращения 29.09.2022)
2. Большая российская энциклопедия. Культурный ландшафт. В. Н. Стрелецкий; С. З. Чернов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/2121229> (дата обращения 29.09.2022).
3. Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 N 73-ФЗ (ред. от 20.10.2022) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zrf.su/zakon/ob-obektah-kulturnogo-naslediya-narodov-rf-73-fz/> (дата обращения 4.09.2022).
4. Мазуров Ю.Л., Кулинская С.В., Вергунов А.П. Влияние экологических факторов на сохранение культурного наследия // Экология культуры: Альманах института наследия «Территория». М., 2000. С. 163–179.
5. Зуева Н.В. Государственное управление сферой культуры региона в контексте системного подхода: Автореф. дисс. канд. культуролог, наук. Челябинск. 2006.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
ВИЗУАЛИЗАЦИИ И СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ
ЕВПАТОРИИ СОВЕТСКОГО ПЕРИОДА

6. Каган М. С. Философия культуры: Становление и развитие. Спб., 1998.
7. Крылов М. П. Структурный анализ российского пространства: культурные регионы и местное самосознание // Культурная география. М., 2001. С. 143–171.
8. Селезнева Е. Н. Культурное наследие и культурная политика России 1990-х гг.: теоретико-методологические проблемы / Рос.ин-т культурологии. М, 2003.
9. Инюшкин, Н. М. Провинциальная культура: Природа, типология, феномены. Саранск. 2003.
10. Владимирова В. Н. Историческая геоинформатика: геоинформационные системы в исторических исследованиях: монография. Барнаул, 2005. [Электронный ресурс]. URL:<http://new.hist.asu.ru/biblio/histgis/>.
11. Буряк Ж. А., Лисецкий Ф. Н., Ильяшенко С. В., Геоинформационная аналитическая система «Археологические памятники Крыма». Геодезия и картография. Статья. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://geocartography.ru/scientific_article/2018_12_29-40.
12. Атлас социокультурных процессов в Крыму [Карты] / под ред. И. Н. Воронина, И. М. Яковенко, А. Б. Швеца, Д. А. Вольхина. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. 196 с.
13. Корниенко С. И., Круглова А. С., Пьянков С.В. Историко-культурное наследие Пермского края: сохранение, визуализация и изучение средствами ГИС-технологий [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://intercarto.msu.ru/jour/articles/article157.pdf> (дата обращения 29.09.2022)
14. Яковлев А. Н. Перспективы использования военно-мемориальных комплексов Симферопольского региона в туристско-экскурсионной деятельности / В сборнике: Крымский гуманитарный вестник Сборник научных статей. Отв.ред. А. Н. Рудяков. Симферополь, 2019. С. 86-90.
15. Шаповалова Г. М. Концепция цифрового культурного наследия и его генезис: теоретико-правовой анализ. Статья. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-tsifrovogo-kulturnogo-naslediya-i-ego-genezis-teoretiko-pravovoy-analiz/viewer> (дата обращения 1.09.2022).
16. Стратегия развития туризма в Российской Федерации в период до 2035 года. Федеральное агентство по туризму. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tourism.gov.ru/documents/strategii/strategiya-razvitiya-turizma-v-rossiyskoy-federatsii-v-period-do-2035-goda/> (дата обращения 10.08.2022)
17. Правительство дало указание на развитие цифровых технологий в сфере туризма. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://d-russia.ru/pravitelstvo-dalo-ukazanie-na-razvitie-tsifrovyyh-tehnologiy-v-sfere-turizma.html> (дата обращения 10.08.2022).
18. Лебедева, М. А. Архитектура санаториев советского периода / М. А. Лебедева // Наука ЮУрГУ: Материалы 66-й научной конференции, Челябинск, 15–17 апреля 2014 года. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. С. 174–182.
19. Государственный комитет по охране культурного наследия Республики Крым. Об утверждении охранного обязательства собственника или иного законного владельца объекта культурного наследия регионального значения «Дача Крицких, начало XX века» по адресу: Республика Крым, г. Евпатория, ул. Киевская, 41–43. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://archive.gkokn.rk.gov.ru/ru/document/show/1152> (дата обращения 1.09.2022)
20. Немтинов В. А., Горелов А. А., Кудрявцев М. И., Немтинов К. В. Информационный анализ объектов культурного наследия с использованием ГИС – технологий. Статья. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnyy-analiz-obektov-kulturnogo-naslediya-s-ispolzovaniem-gis-tehnologiy> (дата обращения 1.09.2022).
21. Пронина Л. А. Информационные технологии в сохранении культурного наследия. Статья. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-sohraneni-kulturnogo-naslediya> (дата обращения 01.09.2022).

**APPLICATION OF DIGITAL AND GIS TECHNOLOGIES FOR THE PURPOSES
OF VISUALIZATION AND PRESERVATION OF THE HISTORICAL AND
CULTURAL HERITAGE OF YEVPATORIA OF THE SOVIET PERIOD**

Kravchenko I. V.¹, Yakovlev A. N.²

*^{1,2}V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: ¹x3com@gmail.com, ²andrey_yakovlev84@list.ru*

The purpose of the work is to study the possibility of using digital technologies in the field of preservation and actualization of cultural heritage, creating a virtual model of the historical and cultural heritage of the sanitary and resort complex of the Soviet period in Yevpatoria, considering the prospects of using GIS technology as software and technological tools in solving problems of protection, visualization, storage and analysis of information about historical and cultural objects. cultural heritage of the city of Yevpatoria. The paper considers the main directions of the use of digital technologies in the field of culture, the development of the tourist and recreational complex, as well as the specifics of their application. The choice of building a virtual guide around cultural heritage sites of regional significance as a promising direction of actualization of local tourism is substantiated.

The development and creation of digital models of the objects of the sanatorium-resort infrastructure of the peninsula of the Soviet period (using the example of the objects of the city of Yevpatoria), previously carried out in the academic environment of the Crimea, are not known to us, but are a promising vector for opening a new page in the development of the resort on the basis of innovative methods applied to objects of a bygone era.

The selected object of cultural heritage of regional significance "The Kritsky Dacha, the beginning of the twentieth century" is one of the most characteristic buildings of this architectural style, the meaning and forms of resort operation of which have been modified at various stages of the city's history. The Kritsky Dacha is a historical object of the resort and leisure sphere, it was included in the register of resort and sanatorium facilities back in the 20s of the twentieth century, now it acts as an authentic object preserving architectural images of the past era. The modern status of the object is defined as: "Kritsky's Dacha, the beginning of the twentieth century" — an object of cultural heritage of regional significance (resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea No. 627 dated 12/20/2016; the security obligation was approved by order of the State Committee for the Protection of Cultural Heritage of the Republic of Crimea No. 44 dated 2.02.2018), located within the territory of the modern sanatorium-resort complex GBU RK "Clinical sanatorium for children with parents "Health resort" (successor of GBU RK "Sanatorium for children and children with parents "Rainbow").

Based on the data collection work carried out, including by the method of volumetric digital scanning, a digital model of the monument under study has been developed, in further work with the object and the already available digitalization results, it is planned to develop a pilot virtual guide based on a digital model of an architectural structure. The optimal scenario of using a virtual guide within the framework of specialized expert work in the

field of cultural heritage protection and its involvement in the tourist and excursion process has been developed.

The authors see scaling up of further work, digitalization of other objects of historical and cultural heritage of the Soviet period of the city of Yevpatoria, including with the active use of modern GIS technology. Geographically disparate, point-localized objects of historical and cultural heritage form a certain spatial mosaic of thematic elements, each of which has its own geographical reference, coordinates, security zone, departmental affiliation, nature of modern use, status, information capacity, transport and other forms of accessibility, many other characteristics that determine the need to create individual databases systemically linked by a single the cartographic basis.

Keywords: cultural heritage, object of cultural and historical heritage, cultural landscape, digitalization, digital model, tourist and excursion activities, sanatorium and resort complex, GIS technologies.

References

1. Gosudarstvennoe kazyonnoe uchrezhdenie Respubliki Kareliya. Respublikanskiy centr po gosudarstvennoj ohrane ob"ektov kul'turnogo naslediya [Elektronnyj resurs]. URL: <https://monuments.karelia.ru/ob-ekty-kul-turnogo-nasledija/vidy-ob-ektov-kul-turnogo-i-istoricheskogo-nasledija/#:~:text=Istorikokul'turnoe%20nasledie%20%20eto%20material'nye,i%20formiruyut%20istorik o-kul'turnuyu%20nacional'nyuyu%20sredu> (data obrashcheniya 29.09.2022) (In Russian).
2. Bol'shaya rossijskaya enciklopediya. Kul'turnyj landshaft. V. N. Streleckij; S. Z. Chernov [Elektronnyj resurs]. URL: <https://bigenc.ru/geography/text/2121229> (data obrashcheniya 29.09.2022).
3. Federal'nyj zakon «Ob ob"ektah kul'turnogo naslediya (pamyatnikah istorii i kul'tury) narodov Rossijskoj Federacii» ot 25.06.2002 N 73-FZ (red. ot 20.10.2022) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://fzrf.su/zakon/ob-obektah-kulturnogo-naslediya-narodov-rf-73-fz/> (data obrashcheniya 4.09.2022).
4. Mazurov YU.L., Kulinskaya S.V., Vergunov A.P. Vliyaniye ekologicheskikh faktorov na sohraneniye kul'turnogo naslediya // Ekologiya kul'tury: Al'manah instituta naslediya «Territoriya». M., 2000. S. 163–179. (In Russian).
5. Zueva N.V. Gosudarstvennoe upravleniye sferoy kul'tury regiona v kontekste sistemnogo podhoda: Avtoref. diss. kand. kul'turolog, nauk. CHelyabinsk. 2006. (In Russian).
6. Kagan M. S. Filosofiya kul'tury: Stanovleniye i razvitiye. Spb., 1998. (In Russian).
7. Krylov M. P. Strukturnyj analiz rossijskogo prostranstva: kul'turnye regiony i mestnoye samosoznanie // Kul'turnaya geografiya. M., 2001. S. 143–171. (In Russian).
8. Selezneva E. N. Kul'turnoye nasledie i kul'turnaya politika Rossii 1990-h gg.: teoretiko- metodologicheskie problemy / Ros.in-t kul'turologii. M., 2003. (In Russian).
9. Inyushkin, N. M. Provincial'naya kul'tura: Priroda, tipologiya, fenomeny. Saransk. 2003.
10. Vladimirov V. N. Istoricheskaya geoinformatika: geoinformacionnyye sistemy v istoricheskikh issledovaniyakh: monografiya. [Elektronnyj resurs]. Barnaul, 2005. URL: <http://new.hist.asu.ru/biblio/histgis/>.
11. Buryak ZH. A., Liseckij F. N., Il'yashenko S. V., Geoinformacionnaya analiticheskaya sistema «Arheologicheskie pamyatniki Kryma». Geodeziya i kartografiya. Stat'ya. [Elektronnyj resurs]. URL: https://geocartography.ru/scientific_article/2018_12_29-40.
12. Atlas sociokul'turnyh processov v Krymu [Karty] / pod red. I. N. Voronina, I. M. YAkovenko, A. B. SHvec, D. A. Vol'hina. Simferopol': IT «ARIAL», 2021. 196 s. (In Russian).
13. Kornienko S. I., Kruglova A. S., P'yankov S.V. Istoriko-kul'turnoye nasledie Permskogo kraya: sohraneniye, vizualizatsiya i izuchenie sredstvami GIS-tekhnologij [Elektronnyj resurs]. URL: <http://intercarto.msu.ru/jour/articles/article157.pdf> (data obrashcheniya 29.09.2022)
14. YAkovlev A.N. Perspektivy ispol'zovaniya voenno-memorial'nyh kompleksov Simferopol'skogo regiona v turistsko-ekskursionnoj deyatel'nosti / V sbornike: Krymskij gumanitarnyj vestnik Sbornik nauchnyh statej. Otv.red. A.N. Rudyakov. Simferopol', 2019. S. 86–90. (In Russian).

15. SHapovalova G.M. Konceptsiya cifrovogo kul'turnogo naslediya i ego genesis: teoretiko-pravovoj analiz. Stat'ya. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-tsifrovogo-kulturnogo-naslediya-i-ego-genesis-teoretiko-pravovoy-analiz/viewer> (data obrashcheniya 1.09.2022).
16. Strategiya razvitiya turizma v Rossijskoj Federacii v period do 2035 goda. Federal'noe agentstvo po turizmu. [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://tourism.gov.ru/documents/strategii/strategiya-razvitiya-turizma-v-rossiyskoj-federacii-v-period-do-2035-goda/> (data obrashcheniya 10.08.2022)
17. Pravitel'stvo dalo ukazanie na razvitie cifrovyyh tekhnologij v sfere turizma. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://d-russia.ru/pravitelstvo-dalo-ukazanie-na-razvitie-tsifrovyyh-tehnologij-v-sfere-turizma.html> (data obrashcheniya 10.08.2022).
18. Lebedeva, M. A. Arhitektura sanatoriev sovetskogo perioda / M. A. Lebedeva // Nauka YUUrGU : Materialy 66-j nauchnoj konferencii, CHelyabinsk, 15–17 aprelya 2014 goda. – CHelyabinsk: Izdatel'skij centr YUUrGU, 2014. S. 174–182. (In Russian).
19. Gosudarstvennyj komitet po ohrane kul'turnogo naslediya Respubliki Krym. Ob utverzhdenii ohrannogo obyazatel'stva sobstvennika ili inogo zakonnoho vladel'ca ob'ekta kul'turnogo naslediya regional'nogo znacheniya «Dacha Krickih, nachalo XX veka» po adresu: Respublika Krym, g. Evpatoriya, ul. Kievskaya, 41–43. [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <https://archive-gkokn.rk.gov.ru/ru/document/show/1152> (data obrashcheniya 1.09.2022) (In Russian).
20. Nemtinov V. A., Gorelov A. A., Kudryavcev M. I., Nemtinov K. V. Informacionnyj analiz ob'ektov kul'turnogo naslediya s ispol'zovaniem GIS – tekhnologij. Stat'ya. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnyy-analiz-obektov-kulturnogo-naslediya-s-ispolzovaniem-gis-tehnologiy> (data obrashcheniya 1.09.2022). (In Russian).
21. Pronina L. A. Informacionnye tekhnologii v sohranении kul'turnogo naslediya. Stat'ya. [Elektronnyj resurs]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-sohranении-kulturnogo-naslediya> (data obrashcheniya 01.09.2022). (In Russian).

Поступила в редакцию 10.09.2022 г.

УДК 911.3:338.48 (477.75)

РЕКРЕАЦИОННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ДИНАМИКА ЭКОЛОГО-РЕКРЕАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ В ПРИМОРСКИХ РАЙОНАХ КРЫМА

Яковенко И. М.¹, Страчкова Н. В.²

^{1,2}Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Симферополь, Российская Федерация

E-mail: ¹yakovenko-tnu@ya.ru, ²natastrachkova@mail.ru

Систематизированы подходы к географическому исследованию эколого-рекреационных ситуаций на примере приморских районов Крыма. Для оценки использовался сопряженный анализ масштабов рекреационно-техногенной нагрузки и степени благоприятности рекреационной среды. Интегральные индексы рассчитывались на основе десяти относительных показателей, динамика эколого-рекреационной ситуации определялась путем сравнения интегральных индексов, рассчитанных для 2000 и 2021 годов. Отмечена тенденция к общему улучшению эколого-рекреационной ситуации в приморских районах Крыма. Благоприятная эколого-рекреационная ситуация наблюдается в Алуште, Судаке, Феодосии, Бахчисарайском районе; удовлетворительная — в городах Ялта, Саки, Севастополь, Раздольненский, Ленинский, Черноморский районы; неблагоприятная — в Евпатории, Сакском и Симферопольском районах. Определены позиции приморских ТРС Крыма в системе эколого-рекреационного районирования территории региона.

Ключевые слова: рекреационное природопользование, рекреационно-техногенная нагрузка, качество рекреационной среды, эколого-рекреационная ситуация, эколого-рекреационный район.

ВВЕДЕНИЕ

Функционирование приморских туристско-рекреационных систем является мощным фактором воздействия на природную среду. В курортных районах мира именно рекреационному природопользованию принадлежит решающая роль в антропогенной трансформации природных комплексов и изменении качества водной, воздушной и иных сред.

Экологические аспекты развития приморских курортно-рекреационных систем выступали предметом исследования уже на раннем этапе становления отечественной рекреационной географии. Особое внимание уделялось определению рекреационной емкости территории и рекреационных ресурсов и поиску направлений оптимизации ресурсопользования и направлений природоохранной деятельности [1, 2, 3]. В работах зарубежных авторов туризм оценивался, прежде всего, как фактор экономического развития прибрежных территорий и объект экологического менеджмента [4, 5].

Теоретико-методологические основы рекреационного природопользования (РП) комплексно изложены в монографии И. М. Яковенко [6]. Важнейшими видами РП являются *рекреационное ресурсопотребление*, *рекреационное ресурсопользование* и *рекреационное средопользование*. Применительно к приморским территориальным туристско-рекреационным системам (ТРС) технологические и экологические аспекты рекреационного природопользования имеют следующий вид (табл. 1). В границах конкретной ТРС выделяется особый (региональный) тип рекреационного природопользования, характеризующийся структурой природно-ресурсного потенциала территории, стадией процесса РП, структурой видов РП, степенью

измененности природных комплексов под влиянием рекреационной нагрузки. В качестве ключевого понятия в региональной типологии рекреационного природопользования автором использовано понятие *эколого-рекреационной ситуации (ЭРС)* — пространственно-временной среза в развитии процесса рекреационного природопользования, отражающего уровень, достигнутый во взаимоотношениях субъектов и объектов РП, и который проявляется в состоянии компонентов природы и качестве рекреационной среды. Тип ЭРС — синтетический показатель, учитывающий объем природно-рекреационного потенциала, преобладающий тип РП, степень рекреационной освоенности территории и рекреационной нагрузки на ландшафт, качество рекреационной среды, динамику развития ЭРС, масштаб ее распространения и остроту проявления, возможность прогнозирования и управления. По степени остроты ЭРС могут быть благоприятными, удовлетворительными, напряженными, кризисными и катастрофическими. Методика оценки ЭРС, выделения региональных типов РП и проведения эколого-рекреационного районирования впервые была апробирована И. М. Яковенко в 2002 г. для восьми рекреационных районов Крыма.

Таблица 1.

Воздействие приморских ТРС на природную среду

Виды рекреационного природопользования	Формы и направления воздействия на природную среду	Характер изменений природной среды
<i>Рекреационно-лечебное природопользование, в т.ч.:</i>		
Климатолечение	Ресурсо- и средопользование (изъятие земель для строительства предприятий санаторно-курортного лечения и организации рекреационных угодий)	Изменения, возникающие в процессе освоения курортного района (выборочная рубка деревьев, нарушение почвенного профиля при прокладке технических систем, асфальтировании и т.д.); изменения в процессе эксплуатации курортных предприятий (выбросы котельных и автотранспорта, бытовые стоки и т.д.)
Бальнео- и грязелечение	Ресурсопотребление (изъятие минеральных вод для лечебных процедур — питья, ванн, орошений; забор грязей для лечебных процедур (аппликаций);	То же; нарушение почвенного покрова при бурении скважин; инфильтрация; изменение химического состава и лечебных свойств минеральных вод при нерациональном водозаборе; истощение грязевых ресурсов; изменение

РЕКРЕАЦИОННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ДИНАМИКА ЭКОЛОГО-
РЕКРЕАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ В ПРИМОРСКИХ РАЙОНАХ КРЫМА

	средопользование (изъятие земель для строительства объектов санаторно-курортного лечения)	химического состава грязей при нерациональной эксплуатации; нарушение растительного и почвенного покрова при строительстве подъездных путей и грязелечебниц
<i>Рекреационно-оздоровительное природопользование, в т.ч.:</i>		
Купально-пляжная рекреация	Ресурсопользование (использование пляжей и акваторий); средопользование (изъятие земель при строительстве оздоровительных предприятий)	Механическое и бактериологическое загрязнение воды, евтрофирование; взмучивание донных отложений; изменение видового и численного состава водной растительности; активизация гидрогеологических процессов в районах с берегоукрепительными сооружениями; выборочная рубка деревьев и кустарников, полное или частичное уничтожение прибрежной растительности при организации стоянок и пляжей; усиление склонового стока, уплотнение верхних горизонтов почвы в зоне палаточных стоянок; химическое загрязнение воды хозяйственно-бытовыми стоками в зоне стационарного отдыха
Промысловая рекреация	Ресурсопотребление (охота, рыболовство, сбор декоративных и лекарственных растений, ягод, грибов, моллюсков, минералов и т.д.)	Сокращение видового и количественного состава растений и животных; опасность исчезновения ценных, редких охраняемых видов; вытаптывание почвенного покрова; загрязнение мусором; опасность частых пожаров; следы кострищ; подтопление и разрушение берегов в районах интенсивного рыболовства

<i>Рекреационно-спортивное природопользование, в т.ч.:</i>		
Водноспортивная рекреация	Ресурсо- и средопользование (использование акваторий для яхтинга, катания на катерах и маломерных лодках, дайвинга)	Вторичное бактериологическое загрязнение (при взмучивании донных отложений); химическое загрязнение нефтепродуктами от моторных средств; изменение видового и численного состава водной растительности; изменение ареалов обитания рыб; загрязнение мусором; обрушение берегов; изменение почвенного и растительного покровов в местах стоянки судов; шумовой дискомфорт
Горно-пешеходный туризм, скалолазанье	Ресурсо- и средопользование	Изменение микро- и мезорельефа, активизация оползней, осыпей, обвалов, усиление плоскостного смыва вследствие уплотнения почвы и разряжения растительности; загрязнение бытовым мусором склонов и активизация склоновых процессов, распугивание животных
<i>Рекреационно-познавательное природопользование, в т.ч.:</i>		
Природно-познавательный туризм	Ресурсопотребление (информационное); средопользование (организация экскурсионных маршрутов)	Вытаптывание; изменение количественного и качественного состава растений и животных; загрязнение мусором; изъятие минералов в качестве сувениров

Современные подходы к управлению качеством окружающей среды морских рекреационных территорий рассмотрены Ю. И. Дрейзис, Е. В. Видищевой и А. С. Копыриным на примере Краснодарского края [7]. Авторы констатировали, что рекреационная нагрузка на прибрежные туристские территории за счет туристских потоков выросла с 2011 по 2018 гг. на 53%, и дальнейший ее рост без сопровождения природно-восстановительными мероприятиями может привести к истощению курортно-рекреационного потенциала прибрежных территорий и ухудшению экологической обстановки на побережье. Среди необходимых мероприятий отмечены придание прибрежным морским курортам статуса особо охраняемых территорий с более жесткими нормами экологически допустимого поведения хозяйствующих субъектов, закрытие и перепрофилирование экологически грязных

РЕКРЕАЦИОННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ДИНАМИКА ЭКОЛОГО-РЕКРЕАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ В ПРИМОРСКИХ РАЙОНАХ КРЫМА

видов хозяйственной деятельности, интеграция задач управления ресурсами региона, мониторинг морской и прибрежной сред и др.

В течение последнего двадцатилетия главной парадигмой эколого-географических исследований приморских туристско-рекреационных систем становится устойчивость развития, трактуемая как баланс экономических, социальных и экологических интересов [8, 9, 10].

Целью данного исследования явилась оценка динамики эколого-рекреационной ситуации в приморских районах Крыма за два последних десятилетия и выявление круга актуальных проблем развития рекреационного природопользования в регионе.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В исследовании динамики эколого-рекреационной ситуации в приморских районах Крыма мы исходили из методического подхода, изложенного в монографии И. М. Яковенко [6]. Он заключается в *сопряженном анализе масштабов рекреационно-техногенной нагрузки на территорию региона и степени благоприятности (качества) рекреационной среды*.

Динамический аспект исследования достигается путем сравнения исходных и расчетных показателей, относящихся к двум периодам — 2000 г. и 2021 г. При этом серьезной методической проблемой явилась слабая сопоставимость официальной статистической отчетности в области рекреации и туризма в период вхождения Крыма в состав Украины и в современный, российский, период. Для анализа динамики рекреационно-техногенной нагрузки были отобраны пять показателей, репрезентативных для обоих сравниваемых периодов: 1) плотность рекреантов; 2) плотность коечной сети коллективных средств размещения; 3) плотность ОПФ; 4) выбросы в атмосферный воздух от стационарных источников; 5) объем твердых бытовых отходов (ТБО) (табл. 2). К сожалению, отсутствие многих статистических данных экологического характера на 2021 г. в региональном разрезе не позволило обеспечить достаточно широкую базу для сравнительно-географического анализа. Например, официальная статистика о влиянии субъектов природопользования на воздушную среду регионов включает лишь выбросы от стационарных источников, хотя, как известно, наиболее неблагоприятное воздействие на состояние воздушного бассейна приморских курортов оказывают не стационарные источники, а автомобильный транспорт.

Качество рекреационной среды — это система как объективных, так и субъективных показателей, определяющих степень благоприятности пребывания рекреанта (туриста) в регионе и возможности удовлетворения его потребностей в рекреационных услугах. Имеет смысл привлекать к такой оценке показатели восприятия рекреационной среды самими рекреантами, что возможно лишь путем проведения массовых социологических опросов. В данной работе мы могли оперировать лишь оценками 2002 года, полученными при опросе более 800 респондентов. Последнее широкомасштабное социологическое исследование, предпринятое Министерством курортов и туризма Республики Крым в 2018 г., не содержало экологических оценок в разрезе городских округов и муниципальных

районов. Из доступных показателей для оценки качества рекреационной среды в приморских ТРС были использованы пять показателей: 1) удельный вес культурно-исторических объектов национального значения от общего числа объектов; 2) удельный вес пляжей с высоким уровнем оборудования; 3) объем платных услуг на 1 чел.; 4) доля проб морской воды, не отвечающих санитарным нормам; 5) удельный вес ООПТ всех типов в площади района (табл. 3).

В исследовании использовался математико-статистический подход к оценке эколого-рекреационной ситуации, который включал следующие три этапа [6]:

1. Расчет *интегрального индекса рекреационно-техногенной нагрузки* (I_t) определялся по формуле (1):

$$I_t = \frac{1}{d} \sum_{q=1}^d T_{iq}, \quad (1)$$

где: T_{iq} — частные индексы рекреационно-техногенной нагрузки;
 d — число оцениваемых признаков.

При условии, что количественное увеличение всех признаков, характеризующих антропогенную нагрузку, оказывает негативное влияние на природную среду:

$$T_{iq} = k_q \frac{f_{\min q}}{f_{iq}}, \quad (2)$$

где: T_{iq} — частный индекс рекреационно-техногенной нагрузки;
 f_{iq} — значение q -го признака рекреационно-техногенной нагрузки для i -го района;

$f_{\min q}$ — минимальное значение q -го признака для всех районов;

k_q — весовой коэффициент влияния q -го признака на величину рекреационно-техногенной нагрузки (определяется экспертным путем как среднеарифметическое от оценок экспертов; сильное влияние оценивается в 3 балла; среднее — 2; слабое — 1, влияние отсутствует — 0,0 балла).

2. Расчет *интегрального индекса качества рекреационной среды* (I_s) (формула 3):

$$I_s = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m P_{ij}, \quad (3)$$

где: P_{ij} — частные индексы качества рекреационной среды;
 m — число оцениваемых признаков.

Для показателей, увеличение которых позитивно отражается на качестве рекреационной среды:

$$P_{ij} = k_j \frac{l_{ij}}{l_{\max j}}; \quad (4)$$

для показателей, увеличение которых снижает качество рекреационной среды:

$$P_{ij} = k_j \frac{I_{\min j}}{I_{ij}}, \quad (5)$$

где: P_{ij} - частный индекс качества рекреационной среды;

I_{ij} - значение j -го признака качества рекреационной среды для i -го района;

$I_{\max j}$ - максимальное значение j -го признака для всех районов;

$I_{\min j}$ - минимальное значение j -го признака для всех районов;

k_j - весовой коэффициент влияния j -го признака на качество рекреационной среды (определяется экспертным путем как среднеарифметическое от оценок экспертов (0,0 – 1,0 балл. Веса, используемые в данном исследовании, отражены в таблицах 2 и 3).

3. Полученные значения интегральных индексов разбивались на группы, соответствующие градациям оценочной шкалы («высокая», «средняя» и «низкая»). Интервалы индексов (h), которые отвечали одному баллу оценки, рассчитывались по формуле (6):

$$h = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{Z}, \quad (6)$$

где: I_{\max} , I_{\min} - соответственно максимальное и минимальное значение индексов для всей территории;

Z - количество ступеней оценочной шкалы (в данном случае = 3).

Степень остроты эколого-рекреационной ситуации в регионе оценивалась тем выше, чем более высоки значения нагрузки на природные комплексы и чем ниже показатели качества рекреационной среды.

Приморские туристско-рекреационные системы являются активными участниками системы регионального природопользования в Крыму. Сравнительный анализ разновременных показателей, оценивающих рекреационно-техногенную нагрузку на приморские районы Крыма (табл. 2), позволяет утверждать, что в целом уровень воздействия рекреационного природопользования на природные комплексы приморских ТРС имеет тенденцию к росту. Так, объем туристско-рекреационного потока в Крым увеличился с 4 млн. чел. в 2000 г. до рекордного показателя 9,37 млн. чел. в 2021 г. При этом сохраняется значительная территориальная диспропорция в плотности рекреантов — от 2 чел./кв. км в Раздольненском районе до почти 3000 чел./кв. км в городах Саки и Ялта. На протяжении 20 лет наращивался и фонд коллективных средств размещения: плотность коечной сети коллективных средств размещения (КСР) увеличилась в среднем по приморским регионам Крыма на 19,8 мест/кв. км, то есть на 33,8%. Судя по данным официальной статистики, в течение 2000-2021 гг. в большинстве регионов Крыма отмечалось сокращение абсолютных и относительных значений стоимости ОПФ, что было вызвано как объективной причиной – закрытием ряда промышленных производств, так и динамикой курса украинской гривны к российскому рублю, что сказалось на результатах пересчета.

Очевидно нарастание техногенного прессинга на окружающую среду приморских районов Крыма. Например, выбросы в атмосферный воздух от стационарных источников в расчете на 1 кв. км выросли во всех регионах, за

исключением городов Керчь, Ялта и Феодосия, а в г. Евпатория этот рост составил 3772%! Несмотря на относительно низкие показатели плотности ТКО в расчете на 1 кв. км, негативной тенденцией является то, что во всех приморских городах и муниципальных районах полуострова данный показатель возрастает, и особенно значительный рост объема отходов зафиксирован в Алуште, Судаке, Бахчисарайском, Ленинском, Симферопольском, Раздольненском и Черноморском районах.

При анализе динамических рядов, характеризующих качество рекреационной среды, заметна общая тенденция к улучшению состояния параметров природной и культурной сред (табл. 3).

Анализ *ресурсной составляющей рекреационной среды* в приморских районах Крыма выявил следующие особенности:

увеличение удельного веса культурно-исторических объектов национального значения в структуре рекреационного потенциала приморских регионов. На территории Республики Крым по состоянию на 1 января 2022 года находится 4549 объектов культурного наследия федерального, регионального значения и выявленных объектов культурного и археологического наследия, расположенных в акватории Черного моря, функционирует 15 республиканских музейных учреждений, 19 муниципальных и более 250 музеев, действующих на общественных началах, имеющих различную тематическую направленность: краеведческие, историко-архитектурные, историко-археологические, историко-культурные, литературные, художественные, этнографические и др. В фондах крымских музеев хранится 999,971 тыс. экспонатов, в частности, в республиканских — более 644,8 тыс. [11]. Город федерального значения Севастополь насчитывает более 2000 памятников археологии, истории, архитектуры, градостроительства, монументального искусства. Наибольший удельный вес объектов, как в 2000 г., так и в 2021 г.

характерен для Бахчисарайского района (15,4% и 21,7% соответственно), а также для Севастополя, Ялты, Керчи. В Феодосии и Судаке удельный вес культурно-исторических объектов национального значения увеличился в 6 раз; в Алуште, наоборот, характерно снижение в 2 раза. Наблюдается высокая концентрация культурно-исторических объектов в приморских районах южного и юго-восточного побережий Крыма, городах Керчь и Севастополь при практически полном их отсутствии в структуре рекреационного потенциала городского округа Саки, а также Сакского, Раздольненского, Черноморского районов.

— *низкий удельный вес высокооборудованных пляжей в структуре крымских пляжей.* В 2021 г. в Республике Крым было допущено к работе 314 пляжей, из которых 22,9% — в Евпатории, 20,8% — в Ялте, 17,5% — в Алуште, 9,9% — в Феодосии. В Севастополе в 2021 г. классифицировано 30 пляжей [12]. При этом только 8 пляжей Республики Крым и 2 пляжа Севастополя имеют «синий» флаг, 6 пляжей Республики Крым — «желтый» флаг. Высокооборудованные пляжи представлены только в городских округах; их наибольший удельный вес — в Судаке (25,0% общего числа пляжей) и Ялте (10,7%). В муниципальных районах Крыма пляжи с высоким уровнем инфраструктурного обеспечения отсутствуют.

Таблица 2.
Исходные показатели для анализа динамики рекреационно-технологической нагрузки в приморских районах Крыма

Городские округа, муниципальные районы	Плотность рекреантов, чел./кв. км K_{03}		Плотность косячной сети КСР, мест/кв. км K_{03}		Плотность ОПФ, тыс. руб./кв. км K_{02}		Выбросы в атмосферу от стационарных источников, т/кв. км K_{01}		Объем ГКО, тыс. м ³ /кв. км K_{01}	
	2000	2021	2000	2021	2000	2021	2000	2021	2000	2021
	Алушта	338,0	734,66	27,9	46,24	6873,2	2773,3	0,46	0,66	0,11
Евпатория	4341,64	4528,46	388,7	479,82	115378,5	57608,9	4,27	161,08	2,91	5,81
Керчь	314,8	457,91	42,6	38,07	130339,1	171640,4	98,57	9,74	2,31	2,71
Саки	1324,14	2988,32	190,7	273,61	-	90082,7	2,65	86,81	2,18	2,57
Судак	129,22	288,59	8,8	17,10	2394,6	3520,9	0,32	0,46	0,037	2,91
Феодосия	269,69	668,24	21,8	46,73	18688,6	6212,2	2,2	2,07	0,42	0,49
Ялта	1883,75	2797,26	112,8	141,86	58052,5	11405,8	2,96	2,16	1,06	4,10
Бахчисарайский	23,79	39,34	2,7	5,37	2782,9	1432,2	0,8	1,59	0,022	1,90
Ленинский	8,12	10,81	2,1	1,91	522,4	498,0	0,04	0,22	0,017	2,17
Сакский	8,28	22,84	0,9	2,63	2732,2	787,2	0,19	0,22	-	1,58
Симферопольский	25,45	30,75	3,0	4,14	3109,3	1554,3	0,07	2,52	0,003	2,30
Раздольненский	9,18	2,07	1,9	1,47	1832,3	1176,4	0,02	0,37	0,009	2,06
Черноморский	13,12	41,25	2,7	4,02	1148,8	1398,6	0,18	0,80	0,013	3,64
Севастополь	170,49	121,43	12,7	33,5	39647,3	1115978,5	2,66	8,1	0,69	3,93

Таблица 3.

Исходные показатели для анализа динамики качества рекреационной среды в приморских районах Крыма

Городские округа, муниципальные районы	Удельный вес культурно- исторических объектов национального значения, %		Удельный вес пляжей с высоким уровнем оборудования, %		Объем платных услуг, тыс. руб./1 чел.		Доля проб морской воды, не отвечающих санит. нормам, %		Доля ООПГ всех типов в площади региона, %	
	2000	2021	2000	2021	2000	2021	2000	2019	2000	2021
Алушта	14,9	7,3	0,0	1,82	6,69	87,84	5,1	7,4	24,7	31,0
Евпатория	6,2	6,9	0,0	4,17	5,86	33,81	8,3	0,0	0,01	0,05
Керчь	10,5	26,3	0,0	0,0	4,83	16,30	4,3	0,86	0,0	0,0
Саки	0,0	0,0	0,0	0,0	4,15	107,34	-	-	0,8	1,12
Судак	5,2	27,7	0,0	25,00	4,15	27,66	0,0	1,1	1,9	11,7
Феодосия	5,4	22,7	0,0	3,23	8,51	21,28	3,8	0,1	8,2	20,0
Ялта	10,7	12,9	0,0	10,77	9,45	99,49	22,9	0,4	37,0	37,0
Бахчисарайский	17,4	34,7	0,0	0,0	0,87	13,80	-	-	9,8	33,0
Ленинский	0,6	2,6	0,0	0,0	0,72	14,14	0,0	4,04	1,3	5,62
Сакский	0,0	0,0	0,0	0,0	0,18	2,39	4,8	0,0	0,01	3,56
Симферопольский	0,9	1,2	0,0	0,0	0,75	1,36	27,7	4,29	0,9	22,57
Раздольненский	0,0	0,0	0,0	0,0	0,37	9,77	-	-	1,2	3,0
Черноморский	0,0	0,0	0,0	0,0	0,41	8,77	-	-	1,3	10,9
Севастополь	15,4	21,7	0,0	6,66	2,72	85,7	9,5	0,0	30,3	30,4

РЕКРЕАЦИОННОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ДИНАМИКА ЭКОЛОГО-РЕКРЕАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ В ПРИМОРСКИХ РАЙОНАХ КРЫМА

Экономическая составляющая рекреационной среды в целом имеет благоприятные тенденции развития. Рост объема платных услуг как результат экономической деятельности приморских регионов, имеющего рекреационную специализацию, свидетельствует о расширении спроса населения, активизации предпринимательской деятельности, диверсификации услуг, в том числе туристско-рекреационного характера, а также об определенном росте цен на платные услуги для населения. Наибольшие абсолютные значения данного показателя характерны для городских округов; максимальный рост отмечен в Саках (в 26 раз), также в Ялте, Алуште (в 13 раз), что отражает рост благосостояния населения данных регионов, развитие малого предпринимательства, высокую инвестиционную активность. Для муниципальных районов значения объема платных услуг увеличились в среднем в 15–20 раз, наибольший рост зафиксирован в Черноморском и Сакском районах. В городе Севастополь объем платных услуг за анализируемый период увеличился в 31 раз.

Оценка *экологической составляющей рекреационной среды* выявила ряд особенностей, среди которых:

— *улучшение качества морской воды в большинстве приморских регионов*, за исключением Алушты, Судака, Ленинского района, что определяется снижением морехозяйственной активности, в частности, сокращением грузоперевозок морских портов за период 2015-2019 гг. в 2 раза [13]. Наибольшей чистотой побережья отличаются Евпатория и Сакский район.

— *развитие сети ООПТ всех типов в Республике Крым*, происходящее за счет создания новых крупных по площади ООПТ с рекреационными функциями (национальный парк, природные парки, ландшафтно-рекреационные парки) и многочисленных точечных памятников природы [14]. В Севастополе доля ООПТ остается неизменной — более 30% площади региона. Характерны территориальные изменения имеющихся ООПТ за счет уменьшения прибрежных уникальных охраняемых ландшафтов и создания на их месте рекреационных или иных видов природопользования; при этом площадь объекта ООПТ может сохраняться неизменной или может увеличиться за счет присоединения менее ценных, расположенных на удаленном расстоянии от береговой зоны, ландшафтов [15].

Тип эколого-рекреационной ситуации определялся на основе сопоставления интегральных индексов рекреационно-техногенной нагрузки и качества рекреационной среды регионов для 2000 и 2021 гг. соответственно (табл. 4). Сравнительный анализ позволил определить те районы, где рекреационная ситуация за истекший период в целом улучшилась (Алушта, Саки, Феодосия, Судак) и изменилась к худшему (Евпатория, Сакский, Симферопольский районы) и регионы, где она остается относительно стабильной (Ялта, Севастополь, Керчь, Бахчисарайский, Ленинский, Черноморский и Раздольненский районы). Факторы, влияющие на оценку ситуации, связаны, как с усилением рекреационной нагрузки, так и с воздействием смежных с рекреацией природопользователей, в первую очередь, промышленности.

Таблица 4.

Интегральные расчетные индексы оценки эколого-рекреационной ситуации в приморских районах Крыма

Городские округа, муниципальные районы	Интегральные индексы						Оценка эколого-рекреационной ситуации			
	Интегральные индексы рекреационно-техногенной нагрузки		Интегральные индексы качества рекреационной среды				2000	2021		
	2000	оценка	2021	оценка	2000	оценка				
Алушта	0,008	высокая	0,017	высокая	0,12	высокая	0,08	высокая	удовлетворительная	благоприятная
Евпатория	0,0005	высокая	0,002	высокая	0,044	средняя	0,03	средняя	удовлетворительная	неблагоприятная
Керчь	0,003	высокая	0,007	высокая	0,044	низкая	0,038	средняя	неблагоприятная	неблагоприятная
Саки	0,003	высокая	0,005	высокая	0,01	низкая	0,03	средняя	неблагоприятная	удовлетворительная
Судак	0,02	высокая	0,05	средняя	0,04	средняя	0,09	высокая	удовлетворительная	благоприятная
Феодосия	0,005	высокая	0,03	средняя	0,08	высокая	0,11	высокая	удовлетворительная	благоприятная
Ялта	0,005	высокая	0,016	высокая	0,11	высокая	0,1	высокая	удовлетворительная	удовлетворительная
Бахчисарайский	0,05	средняя	0,07	высокая	0,07	высокая	0,12	высокая	удовлетворительная	благоприятная
Ленинский	0,14	низкая	0,62	низкая	0,005	низкая	0,02	низкая	удовлетворительная	удовлетворительная
Сакский	0,16	низкая	0,1	высокая	0,03	низкая	0,01	низкая	удовлетворительная	неблагоприятная
Симферопольский	0,07	средняя	0,04	высокая	0,01	низкая	0,04	низкая	благоприятная	неблагоприятная
Раздольненский	0,12	низкая	0,22	средняя	0,004	низкая	0,007	низкая	удовлетворительная	удовлетворительная
Черноморский	0,08	средняя	0,21	средняя	0,001	низкая	0,02	низкая	удовлетворительная	удовлетворительная
Севастополь	0,04	высокая	0,02	высокая	0,1	высокая	0,09	высокая	удовлетворительная	удовлетворительная

Например, ухудшение эколого-рекреационной ситуации в Симферопольском районе за последние двадцать лет вызвано резким ростом рекреационной застройки приморского поселка Николаевки и увеличением потока автотуристов, прежде всего, из республиканской столицы — города Симферополя. В Керчи детерминантом качества рекреационной среды остается деятельность расположенных в городе заводов и объектов портовой инфраструктуры.

Приморские ТРС Крыма при относительно высокой актуализации природно-рекреационного потенциала и высоких значениях антропогенной нагрузки имеют в целом удовлетворительное качество рекреационной среды. По причине отсутствия объектов, оказывающих деструктивное техногенное воздействие на природные комплексы, кризисные и катастрофические типы эколого-рекреационных ситуаций не зафиксированы. Тем не менее, в ряде приморских ТРС, испытывающих влияние овер-туризма, можно ожидать ухудшения экологических параметров рекреационной среды.

Эколого-рекреационная ситуация в приморских регионах выступает одним из критериев *эколого-рекреационного районирования территории* наряду с объемом, структурой и качеством природно-ресурсного потенциала территории, функциональным типом рекреационного природопользования, уровнем интенсивности процессов природопользования, типом рекреационного воздействия на природную среду, характером и остротой региональных экологических проблем и другими. Под *типом рекреационного природопользования* мы понимаем функционально однородную и территориально определенную форму использования природно-рекреационного ресурсного потенциала территории с особой структурой, направленностью и интенсивностью связей между субъектами рекреации и природной средой.

Сравнительный анализ эколого-рекреационных ситуаций 2000 и 2021 годов показал относительную устойчивость типов и конфигурации выделенных ранее эколого-рекреационных районов Крыма [16]. Рассмотренные в данном исследовании приморские ТРС входят в состав следующих эколого-рекреационных районов:

I. Южнобережный эколого-рекреационный район, включающий Ялтинскую и Алуштинскую приморские ТРС. Для него характерны значительный ресурсный потенциал территории, высокая степень рекреационной освоенности с превышением рекреационно-техногенной нагрузки экологической емкости природных комплексов. Качество рекреационной среды высокое за счет высококачественной материально-технической базы и развитого туристского сервиса. Эколого-рекреационная ситуация удовлетворительная, однако ряд экологических проблем стоит достаточно остро (загрязнение воздушного бассейна, абразия берегов, нарастание уровня урбанизации курортов и др.).

II. Юго-Восточноебережный эколого-рекреационный район, включающий Судакскую и Феодосийскую приморские ТРС. Высококачественный ресурсный потенциал используется преимущественно экстенсивными методами природопользования, имеются резервы для дальнейшего освоения территории. Эколого-рекреационная ситуация благоприятная, что в определенной мере связано с сокращением промышленного производства в Феодосийском городском совете. На

территории района не решена проблема качества морской воды и рекреационной дигрессии прибрежных лесов.

III. Сакско-Евпаторийский эколого-рекреационный район, включающий Сакскую и Евпаторийскую приморские ТРС. В структуре ресурсного потенциала доминируют бальнеогрязевые и пляжные ресурсы, что определяет лечебно-оздоровительную специализацию района. Степень интенсивности рекреационного природопользования очень высокая, эколого-рекреационная ситуация оценивается как удовлетворительная в Сакской ТРС и неблагоприятная — в Евпаторийской ТРС. Актуальными проблемами являются низкое качество воздушной среды и сокращение пляжных ресурсов района; практически отсутствуют ООПТ.

IV. Юго-Западный эколого-рекреационный район, включающий Севастопольскую приморскую ТРС. Характеризуется развитием преимущественно оздоровительно-экскурсионного типа рекреационного природопользования. При высокой техногенной нагрузке качество рекреационной среды изменяется — от удовлетворительного в центральной части Севастопольской ТРС до высокого в периферийных Балаклавской и Качинско-Любимовской ТРС. Рекреационное природопользование развивается в условиях сопряженного использования прибрежных территорий и акваторий с военно-промышленным и портовыми комплексами.

V. Альминский прибрежный эколого-рекреационный район, включающий Песчано-Николаевскую ТРС. Рекреационный ресурсный потенциал имеет ограниченную структуру, представленную ресурсами для купально-пляжной рекреации. В течение двадцати лет тип освоения — экстенсивный, характеризующийся нарастанием рекреационной нагрузки. Эколого-рекреационная ситуация оценивается как неблагоприятная в Николаевке и благоприятная — в Песчаном. В районе необходимо решить проблемы низкого качества купальных угодий, недостаточного пейзажного разнообразия и слабо развитого туристского сервиса.

VI. Тарханкутский эколого-рекреационный район, включающий одноименную приморскую ТРС и Бакальскую приморскую ТРС. Туристско-рекреационный ресурсный потенциал разнообразен, но не в полной мере актуализирован. Удовлетворительная эколого-рекреационная ситуация обусловлена низкой степенью антропогенной нагрузки и сравнительно низким качеством туристского сервиса.

VII. Керченский эколого-рекреационный район, включающий Керченско-Азовскую ТРС и Керченско-Причерноморскую ТРС. Процесс рекреационного освоения района продолжается, имеются резервы для использования бальнеогрязевых, пляжных и социокультурных ресурсов. Тип рекреационного природопользования — оздоровительный слабо экстенсивный с преобладанием неорганизованной купально-пляжной рекреации. ЭРС Керченско-Азовской ТРС оценивается как благоприятная, а ЭРС Керченско-Причерноморской ТРС — как неблагоприятная, что вызвано высоким уровнем экологической напряженности в условиях преобладания промышленно-портовых и транспортно-логистических функций территории.

ВЫВОДЫ

Приморские ТРС выступают важной составляющей системы рекреационного природопользования в Крымском регионе.

В работе систематизированы подходы к географическому исследованию эколого-рекреационных ситуаций на примере приморских районов Крыма. Для оценки использовался сопряженный анализ масштабов рекреационно-техногенной нагрузки и степени благоприятности рекреационной среды. Интегральные индексы рекреационно-техногенной нагрузки рассчитывались на основе показателей плотности рекреантов, плотности коечной сети коллективных средств размещения, плотности основных производственных фондов, выбросов вредных веществ от стационарных источников на единицу территории, объема твердых коммунальных отходов в расчете на единицу территории. Интегральный индекс качества рекреационной среды оценивался на основе показателей удельного веса культурно-исторических объектов национального значения, удельного веса пляжей с высоким уровнем оборудования, подушевого производства платных услуг, доли проб морской воды, не отвечающих санитарным нормам, удельного веса площади ООПТ в площади района.

Динамика эколого-рекреационной ситуации определялась путем сравнения интегральных индексов, рассчитанных на основе данных 2000 и 2021 годов. При общей прогрессивной тенденции улучшения качества рекреационной среды для приморских районов Крыма характерна дифференциация типов эколого-рекреационной ситуации. В 2021 г. благоприятная эколого-рекреационная ситуация отмечалась в Алуште, Судаке, Феодосии, Бахчисарайском районе; удовлетворительная — в городах Ялта, Саки, Севастополь, Раздольненский, Ленинский, Черноморский районы. Ситуация в Евпатории, Сакском и Симферопольском районах оценивается как неблагоприятная.

Тип эколого-рекреационной ситуации является репрезентативным признаком эколого-рекреационного районирования. Приморские ТРС Крыма входят в состав семи эколого-рекреационных районов, отличающихся разным объемом и структурой туристско-рекреационного ресурсного потенциала, типом природопользования, типом эколого-рекреационной ситуации и сочетанием актуальных экологических проблем.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-55-18010 Болг_а.

Список литературы

1. Мироненко Н. С. Социально-экономические аспекты рекреационной емкости Причерноморья СССР // Труды Тартус. Гос. ун-та. Вып. 495, 3. Рекреация и охрана природы. Тарту, 1981. С. 122–130.
2. Преображенский В. С. Охрана курортных ресурсов и оздоровление окружающей среды в территориальных рекреационных системах // Охрана биосферы курортных и рекреационных зон СССР. Москва, 1982. С. 35–50.

3. Современное состояние и пути оптимального использования курортных и рекреационных ресурсов Крыма. Киев: Наукова думка, 1984. 124 с.
4. Gormsen, E. The impact of tourism on coastal areas. *GeoJournal*. 1997. 42: 39–54 [Электронный ресурс]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006840622450> (дата обращения 20.08.2022).
5. Wong, P. P. (ed.) *Tourism vs environment: the case for coastal areas*. Wolf Tietze publishing, 1993. 245 p.
6. Яковенко И. М. Рекреационное природопользование: методология и методика исследований. Симферополь: Таврия, 2003. 335 с.
7. Дзейзис Ю. И., Видищева Е. В., Копырин А. С. Современные подходы к управлению качеством окружающей среды морских рекреационных территорий (на примере Краснодарского края) // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. №11–3. С. 468–476 [Электронный ресурс]. URL: <https://vaael.ru/ru/article/view?id=1450> (дата обращения 20.08.2022).
8. Прыгунова И.Л., Пышкин В.Б., Калинин А.В. Рациональное природопользование в процессе развития приморских территориальных рекреационных систем // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. №10 (2). С. 210–214.
9. Санин А. С. К вопросу об управлении рекреационным природопользованием в прибрежных туристических территориях Российской Федерации // Современные проблемы сервиса и туризма. 2018. №2. Том 12. С. 45–55.
10. Lal Mukherjee A. Impact of tourism in coastal areas: need of sustainable tourism strategy [Электронный ресурс]. URL: http://www.coastalwiki.org/wiki/Impact_of_tourism_in_coastal_areas:_Need_of_sustainable_tourism_strategy (дата обращения 13.08.2022).
11. «Об утверждении государственной программы развития курортов и туризма в Республике Крым: Постановление СМ РК от 29 декабря 2016 г. № 650 (с изм. от 14.10.2022 г. № 872).
12. О внесении изменений в постановление Правительства Севастополя от 17.09.2018 г. № 605 – «Об установлении перечня пляжей в городе Севастополе»: Постановление Правительства города Севастополя от 20 сентября 201 г. № 460-ПП.
13. Вольхин Д. А. Территориальные особенности морехозяйственной деятельности в Крыму // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2020. Том 6 (72) №2. С. 56–67.
14. Каширина Е. С., Голубева Е. И. Природопользование на особо охраняемых природных территориях Крымского полуострова // Известия РАН. Серия Географическая. 2016. № 5. С. 91–97.
15. Позаченюк Е. А., Панкеева Т. В., Панкеева А. Ю., Пизова Е. В. Состояние особо охраняемых природных территорий города федерального значения Севастополя // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Том 6 (16). Вып. 2. С. 161–171.
16. Яковенко И. М. Методические подходы к проведению эколого-рекреационного районирования территории (на примере Крыма) // Культура народов Причерноморья. 2003. №43. С. 56–64.

**RECREATIONAL NATURE MANAGEMENT AND THE DYNAMICS OF THE
ECOLOGICAL AND RECREATIONAL SITUATION IN
THE COASTAL REGIONS OF CRIMEA**

Yakovenko I. M.¹, Strachkova N. V.²

*^{1,2}V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation
E-mail: ¹yakovenko-tnu@ya.ru, ²natastrachkova@mail.ru*

Seaside tourist and recreational systems are an important component of the recreational nature management system in the Crimean region.

The paper systematizes approaches to the geographical study of ecological and recreational situations on the example of the coastal regions of Crimea. For the assessment, a conjugate analysis of the scale of recreational and technogenic load and the degree of favorability of

the recreational environment was used. Integral indices of recreational and technogenic load for each region were calculated on the basis of indicators of the density of recreants, the density of the bed network of collective accommodation facilities, the density of fixed production assets, emissions of harmful substances from stationary sources per unit of territory, the volume of solid municipal waste per unit of territory. The integral index of the quality of the recreational environment was evaluated on the basis of indicators of the specific weight of cultural and historical objects of national importance, the specific weight of beaches with a high level of equipment, per capita production of paid services, the proportion of seawater samples that do not meet sanitary standards, the specific weight of the area of protected areas in the area of the district.

The dynamics of the ecological and recreational situation was determined by comparing integral indices calculated on the basis of data from 2000 and 2021. With the general progressive trend of improving the quality of the recreational environment, the differentiation of the types of ecological and recreational situation is characteristic for the coastal regions of Crimea. In 2021, a favorable ecological and recreational situation was observed in Alushta, Sudak, Feodosia, Bakhchisarai district; satisfactory - in the cities of Yalta, Saki, Sevastopol, Razdolnensky, Leninsky, Black Sea districts. The situation in Yevpatoria, Saki and Simferopol districts is assessed as unfavorable.

The type of ecological and recreational situation is a representative feature of ecological and recreational zoning. The seaside tourist and recreational systems of Crimea are included into the system of ecological and recreational areas, differing in volume and structure of tourist and recreational resource potential, type of nature management, type of ecological and recreational situation and a combination of topical environmental problems.

Keywords: recreational nature management, recreational-technogenic load, quality of the recreational environment, ecological and recreational situation, ecological and recreational area.

References

1. Mironenko N. S. Social'no-ekonomicheskie aspekty rekreacionnoj emkosti Prichernomor'ya SSSR // Trudy Tartus. Gos. un-ta. Vyp. 495, 3. Rekreatiya i ohrana prirody. Tartu, 1981. S. 122–130. (In Russian).
2. Preobrazhenskij V. S. Ohrana kurortnyh resursov i ozdorovlenie okruzhayushchej sredy v territorial'nyh rekreacionnyh sistemah // Ohrana biosfery kurortnyh i rekreacionnyh zon SSSR. Moskva, 1982. S. 35–50. (In Russian).
3. Sovremennoe sostoyanie i puti optimal'nogo ispol'zovaniya kurortnyh i rekreacionnyh resursov Kryma. Kiev: Naukova dumka, 1984. 124 s. (In Russian).
4. Gormsen, E. The impact of tourism on coastal areas. *GeoJournal*. 1997. 42: 39–54 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006840622450> (data obrashcheniya 20.08.2022).
5. Wong, P. P. (ed.) *Tourism vs environment: the case for coastal areas*. Wolf Tietze publishing, 1993. 245 p. (In Russian).
6. YAkovenko I. M. *Rekreacionnoe prirodopol'zovanie: metodologiya i metodika issledovanij*. Simferopol': Tavriya, 2003. 335 s. (In Russian).
7. Dzejzis YU. I., Vidishcheva E. V., Kopyrin A. S. Sovremennye podhody k upravleniyu kachestvom okruzhayushchej sredy morskikh rekreacionnyh territorij (na primere Krasnodarskogo kraya) // *Vestnik Altajskoj akademii ekonomiki i prava*. 2020. №11–3. S. 468–476 [Elektronnyj resurs]. URL: <https://vael.ru/ru/article/view?id=1450> (data obrashcheniya 20.08.2022).

8. Prygunova I.L., Pyshkin V.B., Kalinichenko A.V. Racional'noe prirodopol'zovanie v processe razvitiya primorskih territorial'nyh rekreacionnyh sistem // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2014. №10 (2). S. 210–214. (In Russian).
9. Sanin A. S. K voprosu ob upravlenii rekreacionnym prirodopol'zovaniem v pribrezhnyh turisticheskikh territoriyah Rossijskoj Federacii // Sovremennye problemy servisa i turizma. 2018. №2. Tom 12. S. 45–55. (In Russian).
10. Lal Mukherjee A. Impact of tourism in coastal areas: need of sustainable tourism strategy [Elektronnyj resurs]. URL: http://www.coastalwiki.org/wiki/Impact_of_tourism_in_coastal_areas:_Need_of_sustainable_tourism_strategy (data obrashcheniya 13.08.2022).
11. «Ob utverzhdenii gosudarstvennoj programmy razvitiya kurortov i turizma v Respublike Krym: Postanovlenie SM RK ot 29 dekabrya 2016 g. № 650 (s izm. ot 14.10.2022 g. № 872). (In Russian).
12. vnesenii izmenenij v postanovlenie Pravitel'stva Sevastopolya ot 17.09.2018 g. № 605 – «Ob ustanovlenii perechnya plyazhej v gorode Sevastopole»: Postanovlenie Pravitel'stva goroda Sevastopolya ot 20 sentyabrya 201 g. № 460-PP. (In Russian).
13. Vol'hin D. A. Territorial'nye osobennosti morekhozyajstvennoj deyatel'nosti v Kryma // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2020. Tom 6 (72) №2. S. 56–67. (In Russian).
14. Kashirina E. S., Golubeva E. I. Prirodopol'zovanie na osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriyah Krymskogo poluostrova // Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya. 2016. № 5. S. 91–97. (In Russian).
15. Pozachenyuk E. A., Pankeeva T. V., Pankeeva A. YU., Pizova E. V. Sostoyanie osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij goroda federal'nogo znacheniya Sevastopolya // Geopolitika i ekogeodinamika regionov. 2020. Tom 6 (16). Vyp. 2. S. 161–171. (In Russian).
16. YAkovenko I. M. Metodicheskie podhody k provedeniyu ekologo-rekreacionnogo rajonirovaniya territorii (na primere Kryma) // Kul'tura narodov Prichernomor'ya. 2003. №43. S. 56–64. (In Russian).

Поступила в редакцию 15.10.2022 г.

НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

РЕЗОЛЮЦИЯ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ГЕОЛОГИЯ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КРЫМА. ПОЛЕВЫЕ ПРАКТИКИ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ»

*Каюкова Е. П.¹, Аркадьев В. В.², Зеленковский П. С.³, Котова И. К.⁴,
Алексеев И. А.⁵, Кашкевич М. П.⁶, Мирин Д. М.⁷, Юдин В. В.⁸, Туров А. В.⁹,
Попов Ю. В.¹⁰, Вишневский А. В.¹¹, Ремизов Д. Н.¹², Овчинников А. В.¹³,
Родыгин С. А.¹⁴, Васенко В. И.¹⁵, Вахрушев Б. А.¹⁶, Токарев С. В.¹⁷*

^{1,2,3,4,5,6,7} Санкт-Петербургский государственный университет, институт наук о Земле,
Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁸ Крымская академия наук, Симферополь, Российская Федерация

⁹ Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ, Москва);

¹⁰ Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

¹¹ Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация

¹² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт, Санкт-Петербург,
Российская Федерация

¹³ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород,
Российская Федерация

¹⁴ Томский государственный университет, Томск, Российская Федерация

¹⁵ Крымская ГТРЭС, Симферополь, Российская Федерация

^{16,17} Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Российская
Федерация

E-mail: ¹erkaui@gmail.com

С 29 августа по 8 сентября 2022 года в Крыму, в селе Трудолюбовка Бахчисарайского района, под эгидой Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета, ООО «Водный центр СПбГУ» и МОО «Крымская Академия наук» состоялась VI Всероссийская конференция «Геология и водные ресурсы Крыма. Полевые практики в системе высшего образования». Она прошла на учебно-научной базе «Крымская» СПбГУ. В конференции с докладами приняли участие 72 человека из различных Вузов России и зарубежных стран (Санкт-Петербург, Москва, Петрозаводск, Новосибирск, Томск, Саратов, Краснодар, Ростов-на-Дону, Белгород, Екатеринбург, Севастополь, Симферополь, Ялта, Саки, Варшава). В числе докладчиков и оргкомитета были академики Крымской АН В. В. Юдин, В. В. Аркадьев и члены-корреспонденты КАН Е. П. Каюкова и В. И. Васенко.

Были заслушаны разнообразные доклады по геологии и гидрогеологии Крыма, методическим вопросам организации и проведения полевых практик. Во время конференции были организованы многочисленные экскурсии на геологические и гидрогеологические объекты Крыма. Конференция завершилась 4-дневной экскурсией по Восточному Крыму. Участники конференции постановили:

1. Считать успешными подготовку и проведение шестой Всероссийской конференции «Геология и водные ресурсы Крыма. Полевые практики в системе

высшего образования». Выразить благодарность организаторам конференции: Е. П. Каюковой, В. В. Аркадьеву, И. К. Котовой, П. С. Зеленковскому, Д. М. Мирину.

2. Полевые практики были, есть и будут важнейшей частью профессиональной подготовки студентов естественно-научных специальностей. Необходимо не допускать сокращения их сроков и финансирования, поддерживать методическое и материальное обеспечение.

3. Крымский учебный полигон — уникальный во всех отношениях. Замены ему не существует. В связи с этим администрациям Вузов следует обратить особое внимание на сохранение и дальнейшее развитие учебных практик в Крыму. В современных условиях, после возвращения Крыма в состав России, необходимо всячески усиливать роль учебных практик на полуострове, расширять контакты с местными учебными заведениями (в частности, Крымским федеральным университетом имени В. И. Вернадского) и производственными геологическими и гидрогеологическими организациями. Также необходима поддержка проведения практик на полигоне вузов Сибири в Хакасии и других полигонах в различных регионах России. Необходимо наладить возможность посещения студентами других полигонов хотя бы на короткое время с целью расширения геологического кругозора.

4. Всячески способствовать развитию геологического туризма в Крыму и других регионах России, используя разработанные на учебных полигонах геологические маршруты, учебные геологические музеи и опубликованную литературу по материалам научных исследований. Продолжать развивать контакты с крымскими природными заповедниками (например, Казантипским и Карадагским) и охраняемыми природными территориями. Необходима реорганизация и развитие инфраструктуры УНБ «Крымская», для привлечения туристов, а также для использования в качестве площадки для форумов и конференций во внеучебное время.

5. Участники конференции считают недопустимым уменьшение доступности ряда геологических объектов на учебных полигонах из-за занятия земель под разнообразные новые хозяйственные, туристические (и не только) объекты. Большинство учебно-научных полигонов практик вузов не имеют правового статуса, их границы не описаны и не закреплены в правовом поле. Местные администрации и подразделения МЧС не имеют представления о проводимых практиках, их сроках, целях, методах и количестве участников. Данный вопрос необходимо детально проработать с юридическими службами вузов.

Такое, в частности, происходит на Крымском учебном полигоне, а также на полигоне вузов Сибири в Хакасии.

Территория «полигона практик», где проводят практику студенты различных ВУЗов России, является таковой условно и не имеет никакого статуса и границ. Это означает, что фактически любой природопользователь имеет право взять данные земли в аренду и заблокировать нахождение на ней студентов и преподавателей. Проведение практики при таком развитии событий будет невозможно.

Необходимо разработать и утвердить в Минэкоприроды Республики Крым правовую базу для беспрепятственного посещения студентами, преподавателями,

**РЕЗОЛЮЦИЯ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ГЕОЛОГИЯ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ КРЫМА. ПОЛЕВЫЕ ПРАКТИКИ
В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ»**

краеведами и научными туристами геологических объектов на полигоне, где более 70 лет обучаются студенты ведущих Вузов России (СПбГУ, МГУ, МГРИ, СГУ и др.). Подготовить список особо ценных геологических объектов Крымского полуострова.

Участники конференции предлагают придать территории учебного полигона статус особо охраняемой природной территории (далее - ООПТ). Согласно федеральному закону № 33 «Об особо охраняемых природных территориях», и критериям для выделения ООПТ, самым подходящим видом природного резервата для указанных целей может служить «Памятник природы», либо «Геологический заказник», так как именно такой вид охраны позволит реализовывать учебный и туристический потенциал территории и не ограничит существенно интересы местных жителей. Создать инициативную группу сотрудников для подготовки проекта ООПТ.

6. Подготовить сборник материалов «Полигоны геологических практик Вузов России», в котором обобщить информацию о геологическом строении различных учебных полигонов, методике проведения практик. Обратиться к Ю.В. Попову (Институт наук о Земле Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону) с просьбой возглавить подготовку сборника.

7. На обучение студентов значительное влияние оказала пандемия коронавируса. Стало развиваться дистанционное обучение, в том числе появились примеры проведения дистанционных полевых геологических практик. Однако дистанционное обучение не может заменить реальную полевую геологическую практику с настоящими маршрутами, молотками, образцами и описаниями реальных геологических объектов. Считаем дистанционную практику (и пособия по ней) не более чем подсобным материалом для реального процесса.

8. Через два года провести седьмую, промежуточную Конференцию по полевым практикам.

9. Направить Резолюцию в Министерство науки и высшего образования РФ, ректорам вузов, проводящих полевые практики.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА А. А. ПАСЫНКОВА

8 ноября 2022 г. профессору Анатолию Андреевичу Пасынкову исполнилось бы 75 лет.

Пасынков Анатолий Андреевич — профессор, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры землеведения и геоморфологии, заведующий кафедрой геоэкологии географического факультета Таврического национального университета, а затем КФУ им. В. И. Вернадского.

В начале своей трудовой деятельности Анатолий Андреевич был организатором и первым руководителем космоаэрогеологического отряда Крымской геолого-разведочной экспедиции. Производственные и научные интересы профессора были сосредоточены на изучении структурно-тектонического строения Крымского полуострова, более детально — на разрывных нарушениях Керченского полуострова, экзогенных геологических процессов, обводненных зон Горного Крыма.

А. А. Пасынков был участником Рабочей группы правительственной комиссии, созданной Советом Министров СССР по Крымской атомной станции совместно с МАГАТЭ. Работал в Советско-Американской компании по поисково-разведочным работам на золото и алмазы в Сьерра-Леоне. Был заместителем генерального директора по науке объединения «Южэкогеоцентр», где занимался изучением морской геологии и геоэкологическим мониторингом Черного моря и зоны суша-море. Являлся постоянным участником (с 1995 года) морских научных экспедиций на научно-исследовательских судах «Михаил Ломоносов», «Киев», «Владимир Паршин», «Профессор Водяницкий» в Средиземном и Черном морях, где возглавлял отряд рельефа дна, изучал газовые факелы и грязевые вулканы. Участник международной морской экспедиции «Берег богов».

А. А. Пасынков создал обширное научное наследие в самых разных областях геологии, океанологии, морской геологии, географии и геоэкологии: более 150 научных публикаций, в том числе 22 монографии, соавтор Атласа Автономной Республики Крым, Карты рельефа дна Черного и Азовского морей масштаба 1:1250000. Участник многочисленных экспедиций и научных открытий. Участник многочисленных конференций, в том числе зарубежных (Финляндия, Греция, Болгария и др.). Был членом ученого совета, редколлегии научных журналов «Ученые записки КФУ им. В.И. Вернадского. География. Геология», «Геология и полезные ископаемые Мирового океана», «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны моря».

За особые заслуги в развитии геологоразведочных работ Анатолию Андреевичу было присвоено звание «Почетный разведчик недр». Он был награжден медалью В. И. Лучицкого за заслуги в разведке недр, Лауреатом премии П. А. Тутковского за цикл работ по месторождениям углеводородов Черного моря.

Студенты и коллеги-преподаватели с теплотой вспоминают Анатолия Андреевича как известного исследователя, настоящего моряка, человека энциклопедических знаний, интересного и яркого лектора, заботливого научного руководителя, человека с потрясающим чувством юмора и душевной добротой.

Редколлегия

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Алексеев Иван
Александрович**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых, Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

**Аркадьев Владимир
Владимирович**

доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры осадочной геологии, Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

**Бобко
Николай Иванович**

младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.

**Бойко Владислав
Александрович**

инженер 1 кат. Института сейсмологии и геодинамики (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»; инженер ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», г. Симферополь, Российская Федерация.

**Бондарь Марина
Николаевна**

ведущий инженер Института сейсмологии и геодинамики (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»; инженер ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», г. Симферополь, Российская Федерация.

**Борисова
Диана Сергеевна**

ведущий инженер, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.

**Васенко
Валерий Иванович**

ведущий геолог, ГУНПП РК «Крымская ГГРЭС», г. Саки, Российская Федерация.

**Вахрушев Борис
Александрович**

доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической и социально-экономической географии, ландшафтоведения и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Вербицкий Сергей Тарасович** кандидат физико-математических наук, заведующий отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
- Вишневский Андрей Владиславович** кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация.
- Вольфман Юрий Михайлович** доктор геол.-мин. наук, директор Института сейсмологии и геодинамики, (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Герасименюк Галина Адамовна** инженер Карпатской ОМСП отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
- Зеленковский Павел Сергеевич** кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.
- Зорина Светлана Олеговна** доктор геолого-минералогических наук, доцент, Казанский федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация.
- Капранов Сергей Викторович** кандидат химических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.
- Кашкевич Марина Петровна** кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.
- Каюкова Елена Павловна** кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.
- Келеман Ирина Николаевна** зав. сейсмической станцией «Львов» Карпатской ОМСП отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
- Ковригина Неля Петровна** кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.
- Колесникова Екатерина Яковлевна** ведущий инженер Института сейсмологии и геодинамики, (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Котова Ирина
Клавдиевна** кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии месторождений полезных ископаемых, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.
- Кравченко
Иван Васильевич** Старший преподаватель кафедры культурологии и социокультурного проектирования, Институт медиакоммуникаций, медиатехнологий и дизайна, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Кунов Алексей
Андреевич** аспирант кафедры физической и социально-экономической географии, ландшафтоведения и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Кунов Валерий
Андреевич** обучающийся факультета географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Маликова Екатерина
Леонидовна** младший научный сотрудник, Институт геологии и минералогии им В.С. Соболева СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация.
- Мирин
Денис Моисеевич** кандидат биологических наук, доцент кафедры геоботаники и экологии растений, биологический факультет, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.
- Никашин Константин
Игоревич** инженер, Казанский федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация.
- Нищименко Ирина
Михайловна** ведущий инженер отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
- Овчинников
Александр
Владимирович** кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной геологии и горного дела, Белгородский национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация.
- Попов Юрий
Витальевич** кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- 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 Бэлла Гавриловна** доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Ремизов Дмитрий Николаевич** доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, заместитель Председателя Научно-редакционного совета РОСНЕДРА, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.
- Родионова Наталия Юрьевна** младший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.
- Родыгин Сергей Александрович** кандидат геолого-минералогических наук, доцент, кафедры палеонтологии и исторической геологии, геолого-географический факультет, Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация.
- Рубан Дмитрий Александрович** кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Московский государственный университет технологий и управления, г. Москва, Российская Федерация.
- Свидлова Валентина Алексеевна** ведущий инженер Института сейсмологии и геодинамики, (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Стецькив Александр Тарасович** кандидат физ.-мат. наук, младший научный сотрудник отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов, Украина.
- Страчкова Наталья Васильевна** кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры туризма, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.
- Таххан Фатмех** инженер, Казанский федеральный университет, г. Казань, Российская Федерация.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Токарев Сергей
Викторович**

кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры физической и социально-экономической географии, ландшафтоведения и геоморфологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, Институт «Таврическая академия», ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.

**Трощенко Олег
Александрович**

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь, Российская Федерация.

**Туров Александр
Васильевич**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), г. Москва, Российская Федерация.

**Харитонов Андрей
Леонидович**

кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация.

**Эреджепов Энвер
Эльдарович**

инженер 1 кат. Института сейсмологии и геодинамики (структурное подразделение) «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»; младший научный сотрудник ГАУ «Крымский Республиканский Центр оценки сейсмической и оползневой опасности, технического обследования объектов строительства», г. Симферополь, Российская Федерация.

**Юдин Виктор
Владимирович**

доктор геолого-минералогических наук, профессор, Вице-президент МОО Крымская Академия наук, г. Симферополь, Российская Федерация.

**Яковенко
Ирина Михайловна**

доктор географических наук, профессор, заведующая кафедрой туризма, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.

**Яковлев
Андрей Николаевич**

старший преподаватель кафедры геоэкологии, факультет географии, геоэкологии и туризма, ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского», г. Симферополь, Российская Федерация.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Условные обозначения	4
Принятые сокращения названий сейсмических станций	5

РАЗДЕЛ 1. ГЕОФИЗИКА И СЕЙСМОЛОГИЯ

<i>Свидлова В. А., Бондарь М. Н., Бойко В. А.</i> Сейсмичность Крыма в 2021 году	7
<i>Пустовитенко Б. Г., Эреджепов Э. Э., Бондарь М. Н.</i> Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2021 года	80
<i>Вербицкий С. Т., Пронишин Р. С., Прокопишин В. И., Стецкив А. Т., Ницименко И. М., Келеман И. Н. Герасименюк Г. А.</i> Сейсмичность Карпат в 2021 году	97
<i>Вольфман Ю. М., Пустовитенко Б. Г., Колесникова Е. Я.</i> Новые результаты тектонофизического анализа фокальных механизмов землетрясений Крымско-Черноморского региона.....	163
<i>Вольфман Ю. М., Колесникова Е. Я.</i> Инверсии сейсмогенерирующих полей напряжений как проявление геодинамической нестабильности Крымско-Черноморского региона	207

РАЗДЕЛ 2. ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ

<i>Рубан Д. А., Зорина С. О., Никашин К. И., Таххан Ф.</i> Новые данные о позднепалеозойских гранитоидах Руфабгинского кристаллического массива Горной Адыгеи.....	219
<i>Харитонов А. Л.</i> Изучение структур центального типа на территории Крымского, Предкавказского регионов и оценка их нефтегазовых перспектив.....	235

**РАЗДЕЛ 3.
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ**

Вахрушев Б. А., Кунов А. А., Кунов В. А.

Использование метода дешифрирования спутниковых снимков с целью картирования поверхностных карстовых форм и их пространственного анализа 248

Маликова Е. Л.

Климатические факторы, формирующие современный эоловый рельеф Надымского Приобья 264

**РАЗДЕЛ 4.
ГИДРОЛОГИЯ, ОКЕАНОЛОГИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ**

Троценко О. А., Ковригина Н. П., Капранов С. В., Родионова Н. Ю., Бобко Н. И., Борисова Д. С.

Гидролого-гидрохимические исследования акватории Карадагского заповедника и Коктебельской бухты в 2021 г. 278

**РАЗДЕЛ 5.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И
РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ**

Кравченко И. В., Яковлев А. Н.

Применение цифровых и ГИС-технологий для целей визуализации и сохранения историко-культурного наследия Евпатории советского периода 299

Яковенко И. М., Страчкова Н. В.

Рекреационное природопользование и динамика эколого-рекреационной ситуации в приморских районах Крыма 309

НАУЧНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Каюкова Е. П., Аркадьев В. В., Зеленковский П. С., Котова И. К., Алексеев И. А., Кашкевич М. П., Мирин Д. М., Юдин В. В., Туров А. В., Попов Ю. В., Вишневский А. В., Ремизов Д. Н., Овчинников А. В., Родыгин С. А., Васенко В. И., Вахрушев Б. А., Токарев С. В.

Резолюция VI Всероссийской конференции «Геология и водные ресурсы Крыма. Полевые практики в системе высшего образования» 327

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

Памяти профессора А. А. Пасынкова 330

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ 331