

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ГИДРОСПЕЦГЕОЛОГИЯ  
(ФГБУ «ГИДРОСПЕЦГЕОЛОГИЯ»)  
Филиал «Южный региональный центр ГМСН»

**УТВЕРЖДАЮ**

Директора филиала  
ФГБУ «Гидроспецгеология»  
«Южный региональный центр ГМСН»

\_\_\_\_\_ И.Б. Королев  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Информационный бюллетень**

о современном геодинамическом состоянии Северо-Кавказского  
сейсмоопасного региона (с прогнозом возможной сейсмической опасности)

**за апрель 2021 г.**

Начальник отдела мониторинга  
эндогенных геологических процессов  
филиала ФГБУ «Гидроспецгеология»  
«Южный региональный центр ГМСН» \_\_\_\_\_ Д.Н. Забирченко

Ессентуки, май 2021 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
СОДЕРЖАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ .....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	5
1. Сейсмическая обстановка на территории Северо-Кавказского сейсмоактивного региона в апреле 2021 г.....	5
2. Оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона по данным мониторинга гидрогеодеформационного поля.....	16
3. Оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона по данным мониторинга геофизических и газо-гидрогеохимического полей.....	24
4. Комплексная оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона .....	30
4.1 Оценка степени сейсмической опасности на май 2021 г.....	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	40

## СПИСОК РИСУНКОВ В ТЕКСТЕ

Рис. 1 Схема сети мониторинга опасных эндогенных геологических процессов по состоянию на 30.04.2021 г. ....	6
Рис. 2 Схема глубинного строения Северного Кавказа (Греков И. И., Лаврищев В.А, 2009) .....	7
Рис. 3 Схема тектонического районирования Северного Кавказа (альпийский этап) по И.И. Грекову, Г.И. Баранову (1999 г.) .....	8
Рис. 4 Карта-схема сейсмичности по предварительным данным ССД ГС РАН в период с 01.04.2021 г. по 30.04.2021 г. на основе схемы глубинного строения Северного Кавказа .....	10
Рис. 5 Карта-схема сейсмичности по предварительным данным каталога EMSC в период с 01.04.2021 г. по 30.04.2021 г. на основе схемы глубинного строения Северного Кавказа .....	11
Рис. 6 Ежедекадные тренды гидрогеодеформационного поля Северо-Кавказского региона в апреле 2021 г. ....	16
Рис. 7 Схема наблюдательной сети ГГД мониторинга по состоянию на 30.04.2021 г. на основе карты гидрогеологического районирования территории РФ (территория ЮФО и СКФО), актуализированной на 01.01.2016 г. (ВСЕГИНГЕО, 2015 г.) .....	19
Рис. 8а Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров по скв. 7 в апреле 2021 г. в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью в радиусе до 110 км по данным ССД ЕГС РАН .....	20
Рис. 8б Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров по скв. 3006 в апреле 2021 г. в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью в радиусе до 100 км по данным ССД ЕГС РАН .....	20
Рис. 9а Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров за период 20.03-28.04.21 г. по скв. 3005 в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН в радиусе до 100 км .....	21
Рис. 9б Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров за период 01.04-29.04.21 г. по скв. 3017 в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН в радиусе до 100 км .....	21
Рис. 9в Графики вариаций наблюдаемых параметров за период 28.03-01.05.21 г. по скв. 3021 и скв. 3061 в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН и EMSC в радиусе до 150 км .....	22

Рис. 10 Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров по скв. 3055 в сопоставлении с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН	23
Рис. 11 Комплексный график вариаций ЭМИ (ЕИЭМПЗ) в период с 01.04.2021 г. по 09.05.2020 г. ....	24
Рис. 12 Вариации ОАР по пунктам Каткова Щель и Анапа (Краснодарский кр.) за период 31.03-30.04.2021 г. в сопоставлении с режимобразующими факторами и с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН в радиусе до 200 км .....	27
Рис. 13 Вариации ОАР по пунктам Эльбрусский (КЧР), 1-ЮРЦ (Ессентуки, Ставропольский кр.) в сопоставлении с режимобразующими факторами и с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН в радиусе до 200 км .....	28
Рис. 14 Графики количества и суммарной энергии землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в апреле конкретного года в период 1991-2020 гг., в Западной, Центральной и Восточной частях Северо-Кавказского региона и прилегающих территориях .....	30
Рис. 15 Сейсмичность Анатолийско-Кавказского региона по данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН за период с 01.01.1991 г. до 31.12. 2020 г. ....	33
Рис. 16 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в зависимости от магнитуды в Анатолийско-Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг. ....	33
Рис. 17 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в зависимости от магнитуды в Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг. ....	33
Рис. 18 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в Кавказском регионе в зависимости от магнитуды и месяца года с 1991 по 2020 гг. ....	33
Рис. 19 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в мае конкретного года в период 1991-2020 гг., в Восточной части Северо-Кавказского региона, на прилегающих южных территориях и акватории Каспийского моря .....	34
Рис. 20 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в мае конкретного года в период 1991-2020 гг., в Центральной части Северо-Кавказского региона и прилегающих южных территориях .....	35
Рис. 21 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в мае конкретного года в период 1991-2020 гг., в Западной части Северо-Кавказского региона и прилегающей акватории Черного и Азовского морей ...	36
Рис. 22 Карта-схема сейсмичности, зафиксированной в мае по данным каталога ССД ЕГС РАН за период с 1991-2020 гг. относительно элементов тектонического районирования Северного Кавказа .....	39

### СПИСОК ТАБЛИЦ В ТЕКСТЕ

Таблица 1 Предварительный каталог землетрясений Северо-Кавказского региона и сопредельных территорий по данным ССД ЕГС РАН (г. Обнинск) с 01.04.2021 г. по 31.04.2021 г. ....	12
Таблица 2 Предварительный каталог землетрясений Северо-Кавказского региона и сопредельных территорий по данным EMSC (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр) с 01.04.2021 г. по 30.04.2021 г. ....	13
Таблица 3 Анализ среднемесячных многолетних данных УПВ по скважинам сети ГГД мониторинга за апрель периода 1990-2020 гг. и текущего апреля 2021 г. ....	18

## ВВЕДЕНИЕ

Работы в апреле 2021 г. по «Ведение мониторинга опасных эндогенных геологических процессов в Северо-Кавказском сейсмоактивном регионе Российской Федерации в 2020-2022 годах» выполнялись филиалом ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН» по Государственному заданию ФГБУ «Гидроспецгеология» №049-00019-21-00 на 2021 год и на плановый период 2022 и 2023 годов, утвержденному заместителем руководителя Федерального агентства по недропользованию 14.01.2021 г., в соответствии с Техническим (геологическим) заданием.

*Источник финансирования:* Федеральный бюджет Российской Федерации.

*Целевым назначением работ является:*

Оценка современного геодинамического состояния геологической среды и степени сейсмической опасности в Северо-Кавказском сейсмоактивном регионе России на основе ведения мониторинга гидрогеодеформационного, геофизического и газо-гидрогеохимического полей по сети действующих наблюдательных пунктов и полигонов.

*Пространственные границы объекта:* Северо-Кавказский сейсмоактивный регион России (части Южного и Северо-Кавказского федеральных округов в границах номенклатурных листов: L-37, L-38, K-37, K-38, K-39).

Информационный бюллетень составлен на основе комплексного анализа данных гидрогеодеформационного (ГГД), геофизического и газо-гидрогеохимического мониторинга на территории Северо-Кавказского сейсмоактивного региона (в пределах Северо-Кавказского полигона).



## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В апреле 2021 года продолжены наблюдения за опасными эндогенными геологическими процессами (ОЭНГП) территории Северо-Кавказского сейсмоактивного региона по сети наблюдательных пунктов, в соответствии с Техническим (геологическим) заданием (рис. 1).

Наряду с этим, по данным каталогов землетрясений EMSC (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр) и ССД ЕГС РАН (Служба срочных донесений Единой Геофизической службы Российской академии наук) анализировался сейсмический режим Северо-Кавказского региона и сопредельных территорий с использованием схем глубинного строения и тектонического районирования территории региона (рис. 2-5, табл. 1-2).

### 1. Сейсмическая обстановка на территории Северо-Кавказского сейсмоактивного региона в апреле 2021 г.

По предварительным данным оперативного каталога Службы срочных донесений Единой геофизической службы РАН (далее ССД ЕГС РАН, г. Обнинск) в апреле (по состоянию на 01.05.2021 г.) на рассматриваемой территории Предкавказья, Большого Кавказа и прилегающих акваториях Азовского, Чёрного и Каспийского морей было зафиксировано 12 землетрясений слабых и умеренных энергий, с магнитудами ( $m_b$ ) от 3.2 до 4.0 (рис. 4, табл. 1).

По данным каталога ССД ЕГС РАН гипоцентры всех событий, зарегистрированных в апреле на территории Большого Кавказа и Предкавказья, располагались в верхней части земной коры (5-10 км).

Согласно данным ССД ЕГС РАН (рис. 4, табл. 1) основная сейсмическая активность в апреле проявилась в пределах *Восточной части* рассматриваемой территории (8 землетрясений), в пределах Восточного Предкавказья (3 события), складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа (5 событий).

По данным каталога ССД ЕГС РАН (рис. 4, табл. 1) в пределах *Центральной части* территории Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа в апреле 2021 г. было зафиксировано 2 сейсмических события слабой и умеренной энергии, в пределах Центрального Предкавказья (1 событие), складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (1 событие) на северном фланге Ониско-Рача-Джавской очаговой области.

В пределах *Западной части* территории Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающей акватории Черного и Азовского морей, по данным ССД ЕГС РАН в апреле 2021 г. было зафиксировано 2 землетрясения. Сейсмические события слабой энергии реализовались в акватории Черного моря (близ г. Анапа) на границе Чвежипсинской (море) складчатой зоны и Туапсинского прогиба (в зоне влияния Воронцовского (Приморского) корового разлома).

По данным каталога ССД ЕГС РАН на прилегающей территории Закавказья (площадь Закавказской межгорной области и складчатых зон Малого Кавказа) в апреле 2021 г. было зафиксировано 1 землетрясение (рис. 4, табл. 1). В конце второй декады (17.04.2021 г.) сейсмическое событие умеренной энергии ( $m_b=4.3$ ) было зафиксировано на западе территории Грузии, на западном фланге Рионской впадины Закавказской межгорной области.

По данным каталога EMSC (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр) на рассматриваемой территории Большого Кавказа и Предкавказья (рис. 5, табл. 2) в апреле было зафиксировано 12 землетрясений. Для рассматриваемой территории Предкавказья, Большого Кавказа и прилегающих акваториях Азовского, Чёрного и Каспийского морей в каталоге EMSC отражены почти все землетрясения, отраженные в каталоге ССД ЕГС РАН.

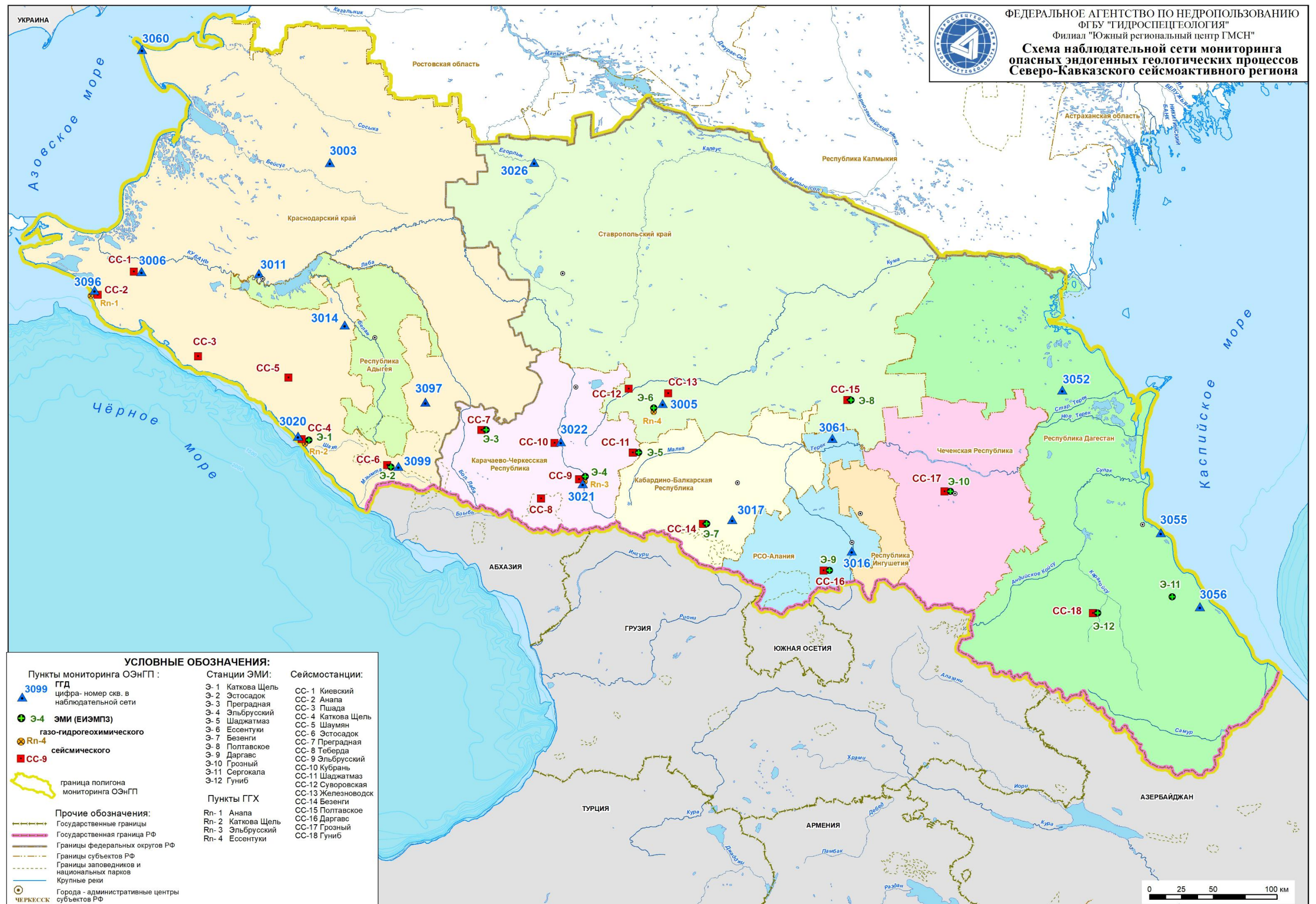


Рис. 1 Схема сети мониторинга опасных эндогенных геологических процессов по состоянию на 30.04.2021 г.



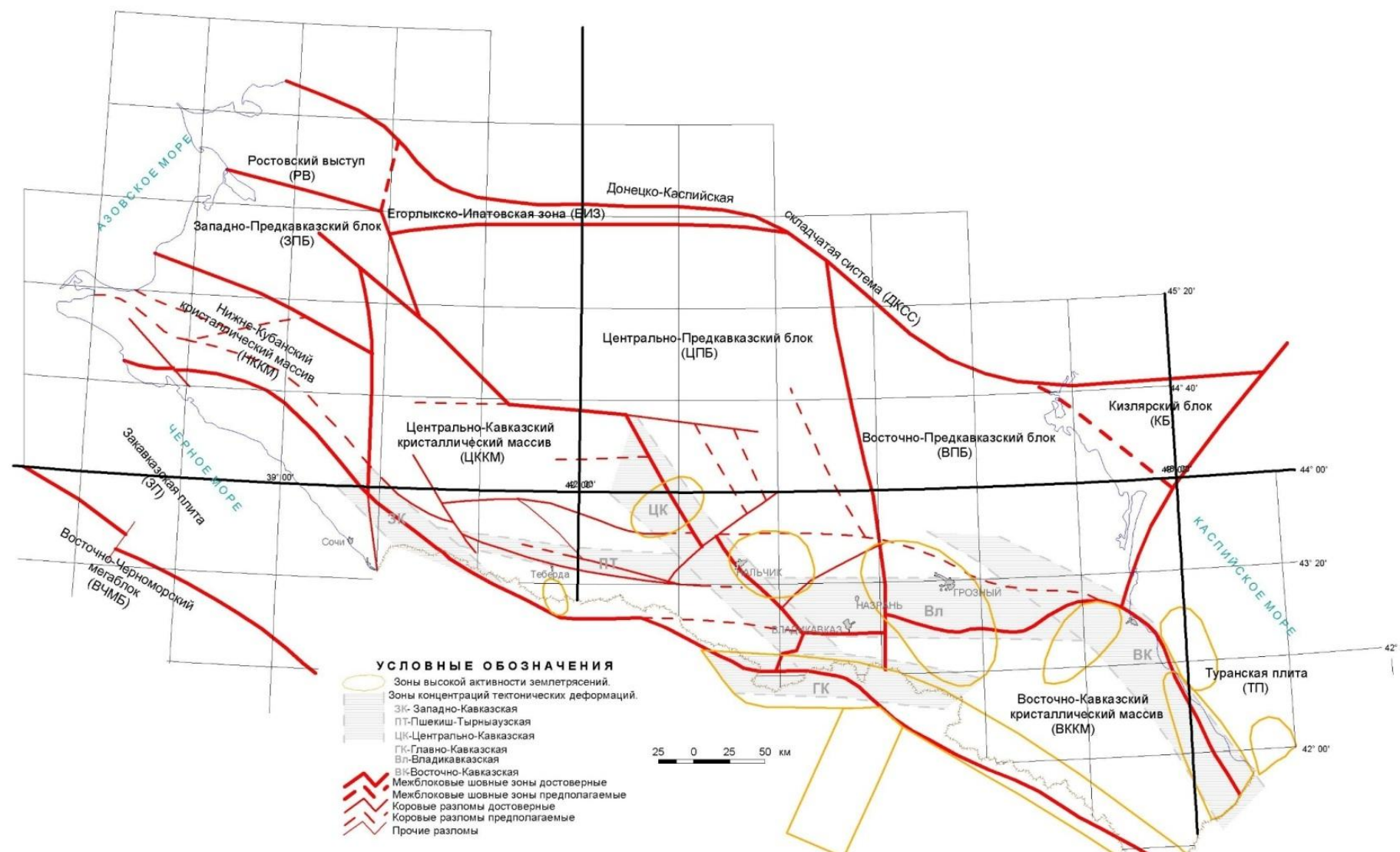


Рис. 2 Схема глубинного строения Северного Кавказа (Греков И. И., Лаврищев В.А, 2009)

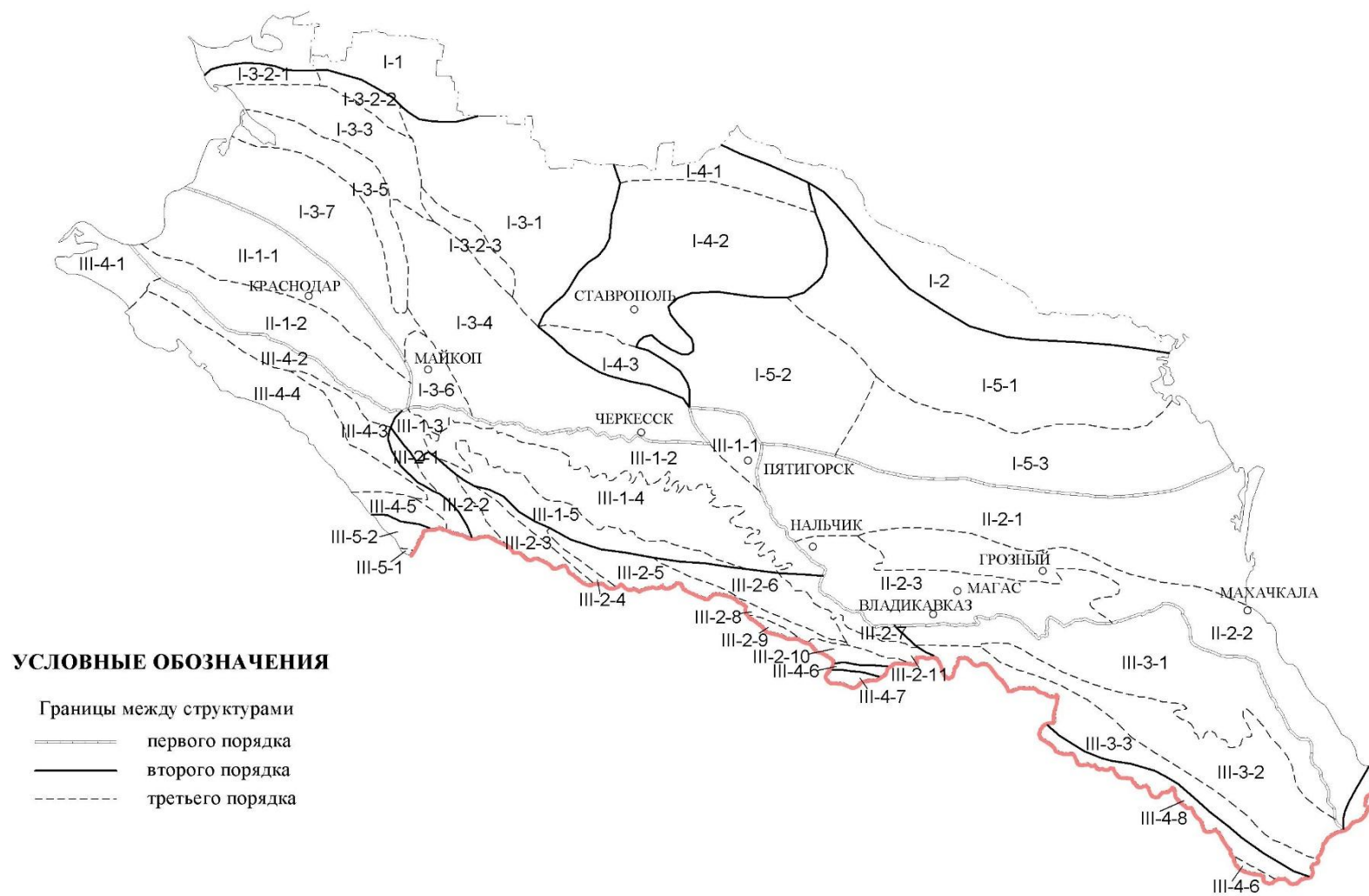


Рис. 3 Схема тектонического районирования Северного Кавказа (альпийский этап) по И.И. Грекову, Г.И. Баранову (1999 г.)

## Перечень таксонов к схеме тектонического районирования Северного Кавказа (альпийский этап)

### I. Русская платформа и Скифская эпигерцинская плита

- I-1 Ростовское поднятие
- I-2 Зона Манычских прогибов
- I-3 Азово-Кубанская впадина
  - I-3-1 Западно-Ставропольская впадина
  - I-3-2 ПЦербиновская (I-3-2-1), Ленинградская (I-3-2-2), и Соколовско-Алексеевская (I-3-2-3) зоны поднятий
  - I-3-3 Копанско-Ирклиевская зона впадин
  - I-3-4 Восточно-Кубанский прогиб
  - I-3-5 Каневско-Березанская зона поднятий
  - I-3-6 Адыгейский выступ
  - I-3-7 Тимашевская ступень
- I-4 Ставропольский свод
  - I-4-1 Приманычская моноклираль
  - I-4-2 Северо-Ставропольское поднятие
  - I-4-3 Южно-Ставропольский вал
- I-5 Терско-Кумская впадина
  - I-5-1 Прикумская система поднятий
  - I-5-2 Восточно-Ставропольская (Чернолесская ) впадина
  - I-5-3 Ногайская (Затеречная) ступень

### II. Предкавказские альпийские краевые прогибы

- II-1 Западно-Кубанский прогиб
  - II-1-1 Славяно-Рязанский прогиб
  - II-1-2 Зона прибортовой и приосевой складчатости
- II-2 Терско-Каспийский прогиб
  - II-2-1 Терско-Сулакская зона прогибов
  - II-2-2 Зона прибортовой и приосевой складчатости
  - II-2-3 Зона локальных впадин
- II-3 Кусаро-Дивичинский прогиб

### III. Большой Кавказ

- III-1 Северо-Кавказский краевой массив
  - III-1-1 Минераловодский выступ
  - III-1-2 Северо-Кавказская моноклираль
  - III-1-3 Логонакская зона
  - III-1-4 Лабино-Малкинская зона прерывистой складчатости
  - III-1-5 Поднятие Передового хребта
- III-2 Складчато-глыбовое поднятие Главного хребта Центрального Кавказа
  - III-2-1 Чугушское поднятие
  - III-2-2 Псеашхинская депрессия
  - III-2-3 Софийское поднятие
  - III-2-4 Архызско-Клычская депрессия
  - III-2-5 Тебердинское поднятие
  - III-2-6 Балкаро-Дигорское поднятие
  - III-2-7 Моноклираль зоны Скалистого хребта
  - III-2-8 Штулу-Харесская депрессия
  - III-2-9 Шхарское поднятие
  - III-2-10 Адайхох-Дарьяльское поднятие
  - III-2-11 Донифарс-Зинцарская депрессия
- III-3 Складчато-глыбовое поднятие Восточного Кавказа
  - III-3-1 Зона Известнякового Дагестана
  - III-3-2 Агвали-Хивская зона
  - III-3-3 Зона Бокового хребта
- III-4 Складчатые зоны
  - III-4-1 Таманская складчатая зона
  - III-4-2 Абино-Гунайская складчатая зона
  - III-4-3 Гойтхско-Ачихшинская складчатая зона
  - III-4-4 Новороссийско-Лазаревская складчатая зона
  - III-4-5 Чвежинская складчатая зона
  - III-4-6 Центральная складчатая зона
  - III-4-7 Чнауро-Дибарская складчатая зона
  - III-4-8 Казбекско-Лагодехская зона
- III-5 Гагрско-Джавское складчато-глыбовое поднятие
  - III-5-1 Абхазская складчатая зона
  - III-5-2 Адлерская складчатая зона



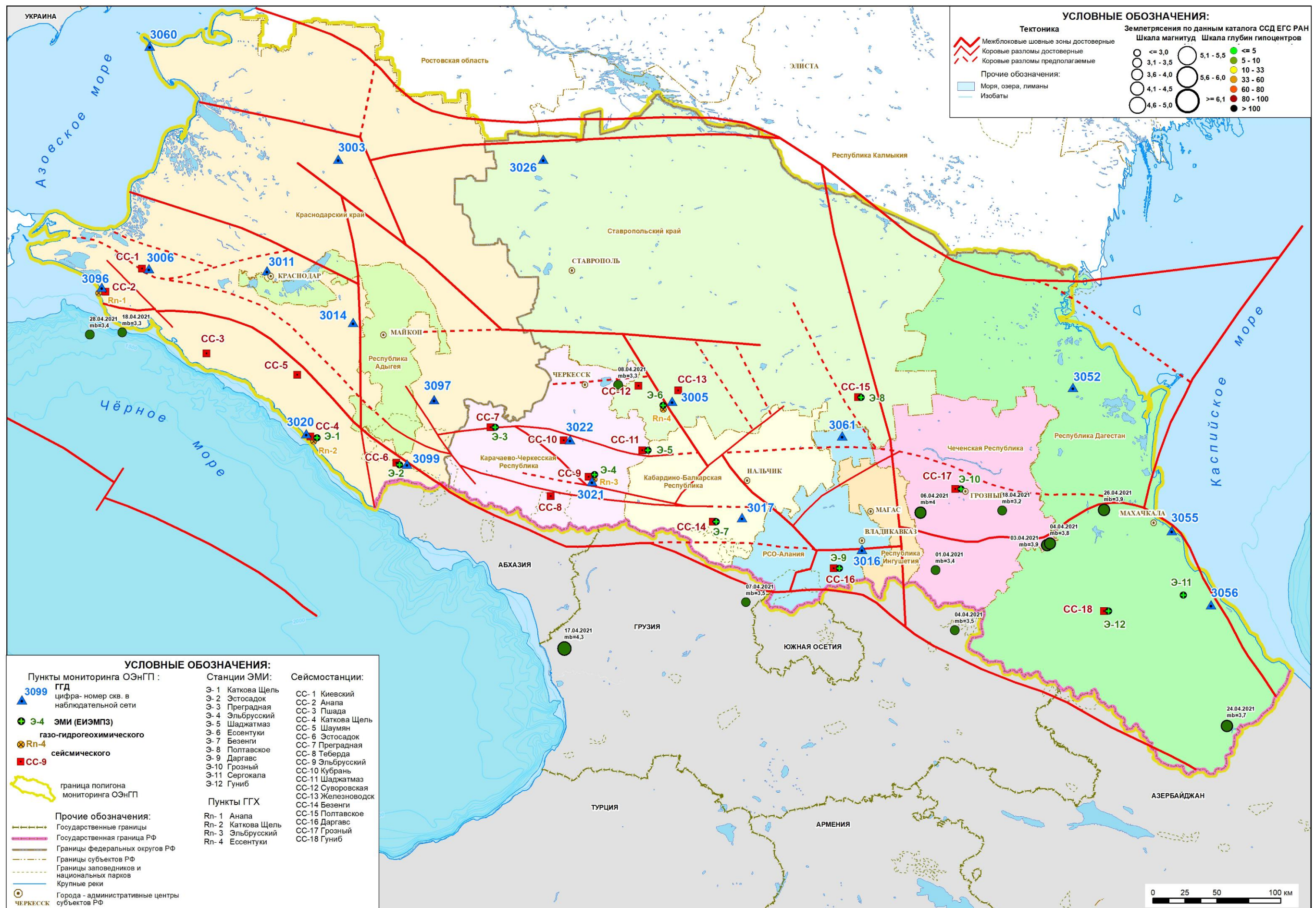


Рис. 4 Карта-схема сейсмичности по предварительным данным ССД ЕГС РАН в период с 01.04.2021 г. по 30.04.2021 г. на основе схемы глубинного строения Северного Кавказа



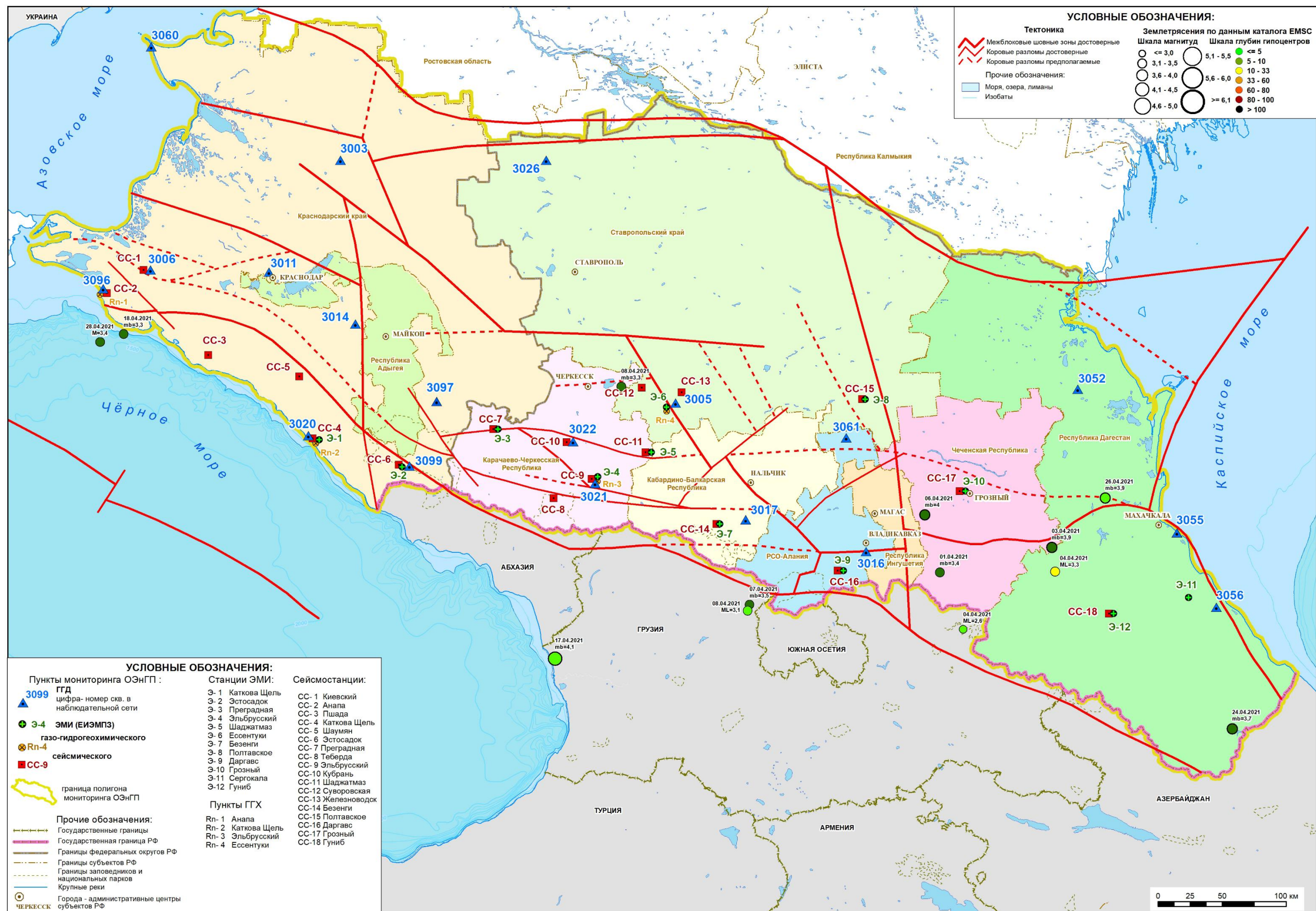


Рис. 5 Карта-схема сейсмичности по предварительным данным каталога EMSC в период с 01.04.2021 г. по 30.04.2021 г. на основе схемы глубинного строения Северного Кавказа



Таблица 1

Предварительный каталог землетрясений Северо-Кавказского сейсмоактивного региона и сопредельных территорий  
по данным ССД ЕГС РАН (г. Обнинск) с 1 по 30 апреля 2021 г.

№ п/п	Дата	Время	Lat	Long	Глубина	Магнитуда	Io	Расстояние от эпицентра землетрясения до ближайших скважин	Субъект РФ и др.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Западная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, прилегающая акватория Черного моря</b>									
1	18.04.2021	10:58:00	44,62	37,54	10	3,3	-	R(3096)=36 км, R(3025)=53 км, R(3006)=53 км, R(3098)=91 км, Rвл = 27 км	Черное море
2	28.04.2021	01:43:36	44,6	37,22	10	3,4	-	R(3096)=33 км, R(3006)=68 км, R(3098)=75 км, R(3025)=78 км, Rвл = 30 км	Черное море
<b>Центральная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа</b>									
3	07.04.2021	09:02:55	42,64	43,53	10	3,5	-	R(3017)=66 км, R(3016)=98 км, Rвл = 33 км	Грузия
4	08.04.2021	07:31:00	44,21	42,4	10	3,3	-	R(5)=33 км, R(3005)=44 км, R(2-ю)=57 км, R(3022)=57 км, R(3021)=76 км, Rвл = 27 км	Карачаево-Черкесская Республика
<b>Восточная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, прилегающая акватория Каспийского моря</b>									
5	01.04.2021	10:34:38	42,78	45,35	10	3,4	-	R(3016)=58 км, Rвл = 30 км	Чеченская Республика
6	03.04.2021	08:48:42	42,89	46,43	10	3,9	2.5-3	R(3013)=89 км, R(3055)=96 км, R(3052)=124 км, R(3056)=133 км, R(3016)=141 км, R(3061)=179 км, Rвл = 49 км	Чеченская Республика
7	04.04.2021	04:44:28	42,9	46,46	10	3,8	2.5-3	R(3013)=86 км, R(3055)=93 км, R(3052)=123 км, R(3056)=131 км, R(3016)=144 км, Rвл = 44 км	Чеченская Республика
8	04.04.2021	09:14:22	42,35	45,49	10	3,5	-	R(3016)=95 км, Rвл = 33 км	Грузия
9	06.04.2021	20:00:42	43,19	45,25	10	4,0	3	R(3016)=53 км, R(3061)=85 км, R(3017)=137 км, R(3052)=153 км, R(3013)=178 км, R(3055)=193 км, R(2-ю)=198 км, R(3005)=211 км, Rвл = 54 км	Чеченская Республика
10	18.04.2021	09:16:50	43,16	46,03	10	3,2	-	R(3052)=110 км, R(3016)=111 км, Rвл = 24 км	Чеченская Республика
11	24.04.2021	08:37:55	41,51	47,95	10	3,7	2-2.5	R(3056)=95 км, R(3055)=157 км, Rвл = 40 км	Республика Дагестан
12	26.04.2021	01:02:30	43,1	47	10	3,9	2.5-3	R(3013)=39 км, R(3055)=54 км, R(3052)=98 км, R(3056)=110 км, R(3016)=187 км, Rвл = 49 км	Республика Дагестан
<b>территория Закавказья</b>									
1	17.04.2021	20:46:10	42,37	41,79	10	4,3	3.5-4	R(3021)=134 км, R(3022)=163 км, R(3017)=170 км, R(3099)=191 км, R(2-ю)=198 км, R(5)=208 км, R(3005)=210 км, R(3097)=219 км, R(3016)=239 км, R(3020)=260 км, R(3061)=270 км, Rвл = 73 км	Грузия

\*Примечание: цветом выделена реализация землетрясений в течение месяца по декадам

I декада	II декада	III декада
----------	-----------	------------



Таблица 2

Предварительный каталог землетрясений Северо-Кавказского сейсмоактивного региона и сопредельных территорий по данным EMSC (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр) с 1 по 30 апреля 2021 г.

№ п/п	Дата	Время	Lat	Long	Глубина	Магнитуда	Тип М	Расстояние от эпицентра землетрясения до ближайших скважин	Субъект РФ и др.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Западная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, прилегающая акватория Черного моря</b>									
1	18.04.2021	10:58:00	44,62	37,54	10	3,3	mb	R(3096)=36 км, R(3025)=53 км, R(3006)=53 км, R(3098)=91 км, R <sub>ВЛ</sub> = 27 км	Черное море
2	28.04.2021	01:43:37	44,56	37,31	10	3,4	M	R(3096)=37 км, R(3006)=67 км, R(3025)=70 км, R(3098)=83 км, R <sub>ВЛ</sub> = 30 км	Черное море
<b>Центральная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа,</b>									
3	07.04.2021	09:02:55	42,64	43,53	10	3,5	mb	R(3017)=66 км, R(3016)=98 км, R <sub>ВЛ</sub> = 33 км	Грузия
4	08.04.2021	07:31:00	44,21	42,4	10	3,3	mb	R(5)=33 км, R(3005)=44 км, R(3022)=57 км, R(2-ю)=57 км, R(3021)=76 км, R <sub>ВЛ</sub> = 27 км	Карачаево-Черкесская Республика
5	08.04.2021	21:49:49	42,6	43,51	2	3,1	ML	R(3017)=71 км, R <sub>ВЛ</sub> = 22 км	Грузия
<b>Восточная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, прилегающая акватория Каспийского моря</b>									
6	01.04.2021	10:34:38	42,78	45,35	10	3,4	mb	R(3016)=58 км, R <sub>ВЛ</sub> = 30 км	Чеченская Республика
7	03.04.2021	08:48:42	42,89	46,43	10	3,9	mb	R(3013)=89 км, R(3055)=96 км, R(3052)=124 км, R(3056)=133 км, R(3016)=141 км, R(3061)=179 км, R <sub>ВЛ</sub> = 49 км	Чеченская Республика
8	04.04.2021	04:44:29	42,72	46,44	30	3,3	ML	R(3013)=96 км, R(3055)=97 км, R <sub>ВЛ</sub> = 27 км	Республика Дагестан
9	04.04.2021	09:14:22	42,37	45,53	2	2,6	ML	R <sub>ВЛ</sub> = 13 км	Грузия
10	06.04.2021	20:00:42	43,19	45,25	10	4,0	mb	R(3016)=53 км, R(3061)=85 км, R(3017)=137 км, R(3052)=153 км, R(3013)=178 км, R(3055)=193 км, R(2-ю)=198 км, R(3005)=211 км, R <sub>ВЛ</sub> = 54 км	Чеченская Республика
11	24.04.2021	08:37:55	41,51	47,95	10	3,7	mb	R(3056)=95 км, R(3055)=157 км, R <sub>ВЛ</sub> = 40 км	Республика Дагестан
12	26.04.2021	01:02:30	43,2	46,98	2	3,9	mb	R(3013)=40 км, R(3055)=61 км, R(3052)=87 км, R(3056)=120 км, R(3016)=187 км, R <sub>ВЛ</sub> = 49 км	Республика Дагестан
<b>территория Закавказья</b>									
1	17.04.2021	20:46:07	42,32	41,67	2	4,1	mb	R(3021)=142 км, R(3022)=170 км, R(3017)=181 км, R(3099)=189 км, R(2-ю)=207 км, R(5)=217 км, R(3005)=219 км, R(3097)=220 км, R <sub>ВЛ</sub> = 60 км	Грузия

\*Примечание: цветом выделена реализация землетрясений в течение месяца по декадам

I декада	II декада	III декада
----------	-----------	------------

В каталоге EMSC не отражено слабое землетрясение ( $m_b=3,2$ ) 18.04.2021 г. реализовавшееся в равнинной части территории Чеченской Республики, на восточном фланге Предгорной зоны локальных впадин Терско-Каспийского прогиба, в Курчалоевской очаговой области.

При этом, в каталоге EMSC, зафиксирован еще один толчок слабой энергии ( $M_L=3.1$ ) реализовавшийся (08.04.2021 г.) на севере Грузии, на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа, на северном фланге Ониско-Рача-Джавской очаговой области.

На рассматриваемой территории Закавказья (площадь Закавказской межгорной области и складчатых зон Малого Кавказа), в каталоге EMSC также, как и в каталоге ССД ЕГС РАН, отражено лишь одно сейсмическое событие, зафиксированное 17.04.2021 г. на западе территории Грузии, на западном фланге Рионской впадины Закавказской межгорной области.

По результатам обработки и анализа первичных записей сейсмического мониторинга филиала «Южный региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология» за апрель выявлены сейсмограммы, отождествляемые с реализацией 2-х локальных сейсмических событий очень слабой энергии, не отраженных в каталогах ССД ЕГС РАН и EMSC.

Локальное сейсмическое событие слабой энергии ( $m_b=2.5$ ) 04.04.2021 г. (20:44:38) было зафиксировано на пунктах Даргавс, Грозный, Гуниб и Железноводск.

По данным локализации землетрясение реализовалось в горной части территории Чеченской Республики, на западном фланге *Восточной части* складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, на границе моноклинали Известнякового Дагестана и Агвали-Хивской тектонической зоны складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа.

Еще одно локальное сейсмическое событие слабой энергии ( $m_b=2.2$ ) 7.04.2021 г. (08:50:59) было зафиксировано на пунктах Эльбрусский, Шаджатмаз, Суворовская, Даргавс, Теберда и Железноводск.

По данным локализации землетрясение реализовалось в горной части территории Кабардино-Балкарской Республики, на северном фланге Балкаро-Дигорского блока поднятия Главного хребта (в тектоническом узле на пресечении Пшекиш-Тырныаузского и Баксанского коровых разломов), на восточном фланге Центрально-Кавказского кристаллического массива.

Таким образом, по данным сейсмических наблюдений (предварительный каталог ССД ЕГС РАН, каталог EMSC (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр); каталог филиала «Южный региональный центр ГМСН») большинство сейсмических событий на рассматриваемой территории Кавказа в **апреле** 2021 г. произошло в *Восточной части* Кавказского региона.

Всего в *Восточной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа) было зафиксировано 9 землетрясений (1 по данным локальной сети) очень слабых, слабых и умеренных энергий с магнитудами ( $m_b$ ) от 2.5 до 4.0, при этом на территории *Восточной части* Северного Кавказа (8 событий).

В *Центральной части* Кавказского региона в апреле было зафиксировано 4 землетрясения (1 по данным локальной сети) очень слабых, слабых энергий с магнитудами ( $m_b$ ) от 2.2 до 3.5. Сейсмическая активность проявилась в пределах *Центральной части* территории Предкавказья (1 событие), складчато-глыбового поднятия *Центрального* Кавказа (3 события), в том числе 2 на территории *Центральной части* Северного Кавказа.

В пределах *Западной части* Кавказского региона (территория Предкавказья, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа, а также прилегающие акватории Черного и Азовского морей), в апреле 2021 г. было зарегистрировано 2 землетрясения слабой энергии ( $m_b=3.3$  и  $m_b=3.5$ ), реализовавшееся в акватории Черного моря (близ г. Анапа) на границе Чвежипсинской (море) складчатой зоны и Туапсинского прогиба (в зоне влияния Воронцовского (Приморского) корового разлома).

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле** 2021 г. (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря было немного ниже среднемноголетнего уровня для последних лет (10 событий), при фоновых значениях выделившей сейсмической энергии для территории *Восточной части* Кавказа.

При этом, в отчетном месяце отмечается продолжение (с ноября 2020 г.) режима относительного сейсмического затишья на южном склоне складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа (Закатальская очаговая область).

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле** 2021 г. (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») на территории *Центральной части* территории Кавказа было несколько ниже уровне среднемноголетних значений сейсмичности последних лет (5 землетрясений), при фоновых значениях выделившейся суммарной сейсмической энергии.

При этом надо отметить продолжение сейсмической активности на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Рача-Джавско-Онийская очаговая область) в связи с реализацией серии из 2-х землетрясений слабой энергии.

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле** 2021 г. (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») для *Западной части* региона (территория Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающая акватория Черного и Азовского морей), было на уровне среднемноголетних значений сейсмичности, при фоновых значениях выделившейся сейсмической энергии.

## **2. Оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона по данным мониторинга гидрогеодеформационного поля**

В апреле 2021 г. ГГД мониторинг проводился по 19 наблюдательным скважинам (Краснодарский край, Карачаево-Черкесская Республика, Ставропольский край, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Северная Осетия-Алания, Республика Дагестан), кроме этого для площадных построений регионального ГГД поля привлекались данные наблюдений отдельных скважин мониторинга ГОНС. Расположение пунктов ГГД мониторинга приведено на рисунке 1. Скважины ГГД мониторинга оборудованы автоматизированными измерительными комплексами типа «Кедр» с телеметрией.

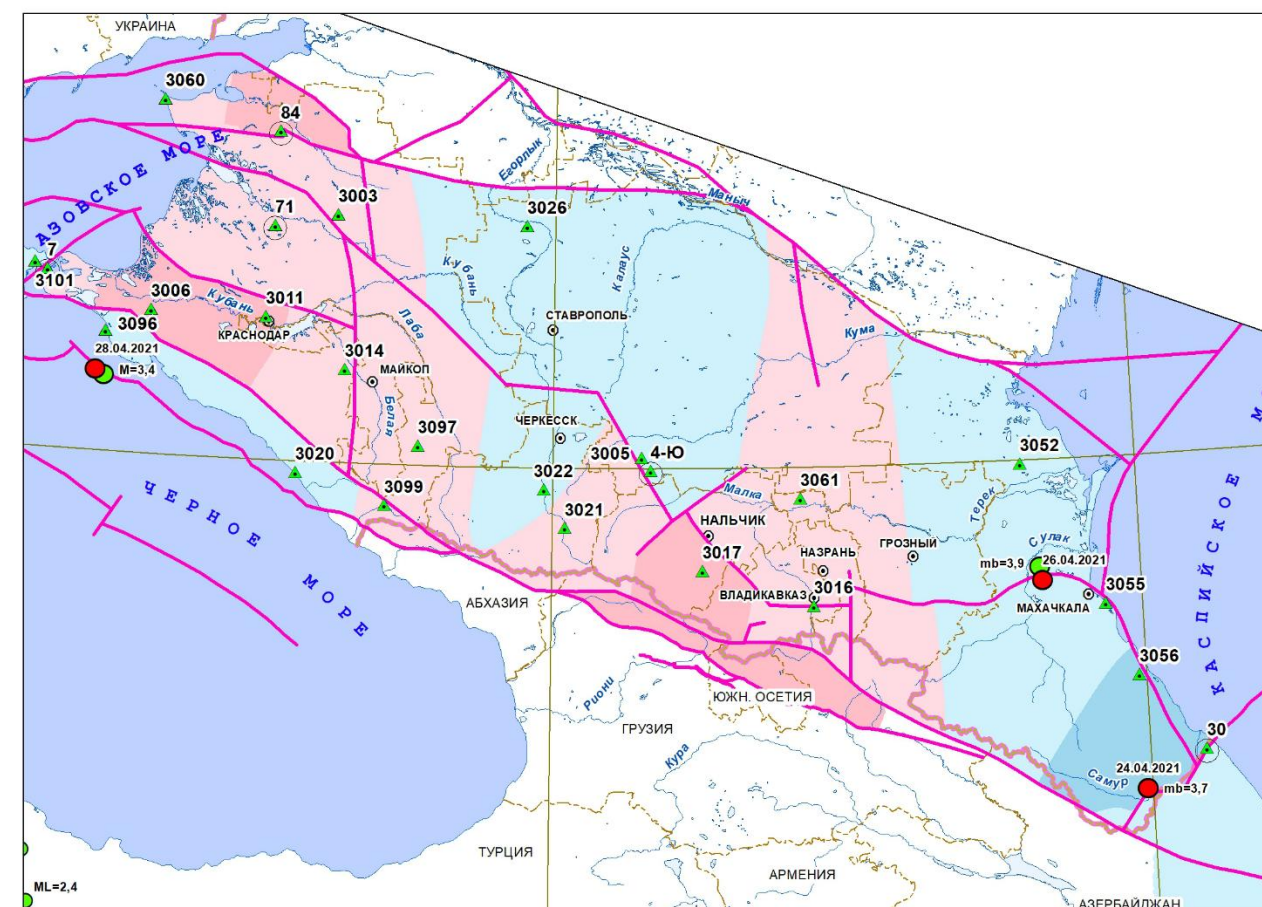
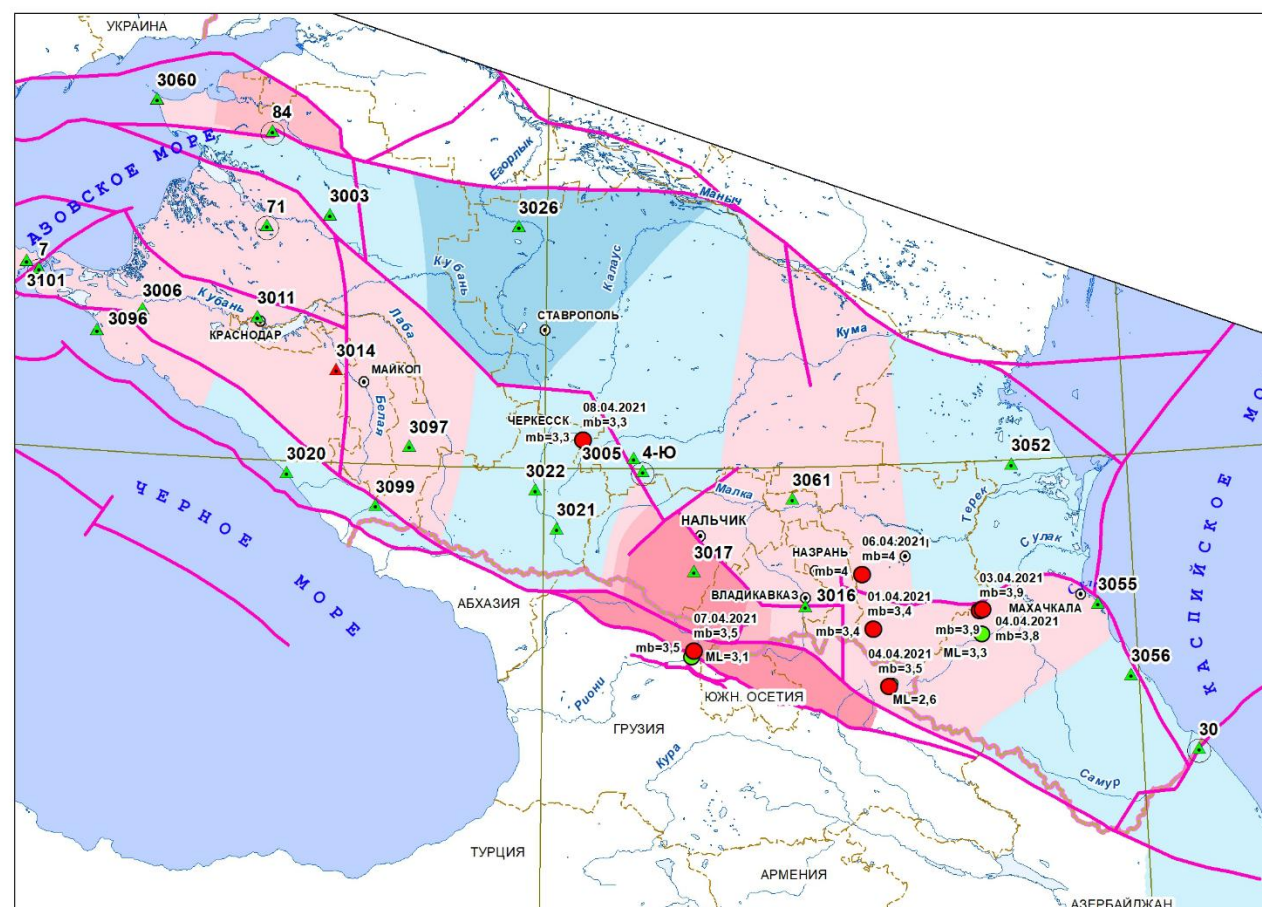
В апреле данные получены по 19 скважинам в полном объеме, обработка данных выполнялась также по 19 скважинам. Анализ данных наблюдений гидрогеодеформационного мониторинга выполнен по пяти измеряемым параметрам: уровень, электропроводность и температура подземных вод, атмосферное давление, температура воздуха.

*Долгосрочная и среднесрочная* оценка сейсмогеодинамического состояния геологической среды района работ выполнена на основе ретроспективного анализа мониторинга подземных вод и многолетних вариаций наблюдаемых параметров по временным графикам (в том числе и по среднемесячным значениям). Поведение многолетних трендов наблюдаемых параметров отражает характер (направленность) региональных напряжений, годовых и месячных трендов – локальных напряжений. Детализация среднесрочной оценки производилась при анализе временных графиков конкретных водопунктов в сопоставлении с режимообразующими факторами.

Анализ ежедекадных трендов ГГД поля, построенного по имеющимся данным (рис. б), показал, что на территории Северо-Кавказского региона в апреле 2021 г. реализация сейсмических событий слабых и до умеренных энергий происходила преимущественно в условиях сжатия геологической среды (в пределах расчетного поля ПНГС).

В целом по региону, в апреле по ГГД полю устойчивые области с напряжениями сжатия наблюдаются в западной и юго-восточной (зоны разломов 1-го порядка и шовных зон) частях региона, в том числе до максимальных значений на фоне проявления сезонности.





Оперативный каталог землетрясений региона  
по данным ССД ЕГС РАН (г. Обнинск)

DateTime *	lat *	lon *	depth	mb	l0	region_name
01.04.2021 10:34:38	42,78	45,35	10	3.4	-	Восточный Кавказ
03.04.2021 8:48:42	42,89	46,43	10	3.9	2.5-3	Восточный Кавказ
04.04.2021 4:44:28	42,9	46,46	10	3.8	2.5-3	Восточный Кавказ
04.04.2021 9:14:22	42,35	45,49	10	3.5	-	Восточный Кавказ
06.04.2021 20:00:42	43,19	45,25	10	4.0	3	Восточный Кавказ
07.04.2021 9:02:55	42,64	43,53	10	3.5	-	Западный Кавказ
08.04.2021 7:31:00	44,21	42,4	10	3.3	-	Западный Кавказ
17.04.2021 20:46:10	42,37	41,79	10	4.3	3.5-4	Западный Кавказ
18.04.2021 9:16:50	43,16	46,03	10	3.2	-	Восточный Кавказ
18.04.2021 10:58:00	44,62	37,54	10	3.3	-	Западный Кавказ
24.04.2021 8:37:55	41,51	47,95	10	3.7	2-2.5	Восточный Кавказ
26.04.2021 1:02:30	43,1	47	10	3.9	2.5-3	Восточный Кавказ
28.04.2021 1:43:36	44,6	37,22	10	3.4	-	Западный Кавказ

Оперативный каталог землетрясений региона по данным  
EMSC (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр)

DateTime *	Lat *	Long *	Depth	Tmag	Mkrt	Place	
01.04.2021 10:34:38	42,78	45,35	10	mb	3,4	CAUCASUS REGION, RUSS	
03.04.2021 8:48:42	42,89	46,43	10	mb	3,9	CAUCASUS REGION, RUSS	
04.04.2021 4:44:29	42,72	46,44	30	ML	3,3	CAUCASUS REGION, RUSS	
04.04.2021 9:14:22	42,37	45,53	2	ML	2,6	GEORGIA (SAK'ARTVELO)	
06.04.2021 20:00:42	43,19	45,25	10	mb	4	CAUCASUS REGION, RUSS	
07.04.2021 9:02:55	42,64	43,53	10	mb	3,5	GEORGIA (SAK'ARTVELO)	
08.04.2021 7:31:00	44,21	42,4	10	mb	3,3	CAUCASUS REGION, RUSS	
08.04.2021 21:49:49	42,6	43,51	2	ML	3,1	GEORGIA (SAK'ARTVELO)	
17.04.2021 20:46:07	42,32	41,67	2	mb	4,1	GEORGIA (SAK'ARTVELO)	
18.04.2021 10:58:00	44,62	37,54	10	mb	3,3	CAUCASUS REGION, RUSS	
24.04.2021 8:55:55	41,51	47,95	10	mb	3,7	CAUCASUS REGION, RUSS	
26.04.2021 1:02:30	43,2	46,98	2	mb	3,9	CAUCASUS REGION, RUSS	
28.04.2021 1:43:37	44,56	37,31	10	M	3,4	CAUCASUS REGION, RUSS	
28.04.2021 18:36:41	40,62	36,89	8	ML	2,4	CENTRAL TURKEY	
29.04.2021 3:08:44	41	36,81	5	ML	2,3	CENTRAL TURKEY	



Рис. 6 Ежедекадные тренды гидрогеодеформационного поля Северо-Кавказского региона в апреле 2021 г.



Анализ среднемесячных многолетних данных УПВ показывает, что в текущем апреле по большинству скважин выдерживается многолетнее преимущественное направление тренда УПВ (табл. 3). Вместе с тем, в текущем апреле выделены:

- Внесезонная смена тренда УПВ присутствовала в Западной части Северо-Кавказского региона, по скв. 3096 (Нижне-Кубанский кристаллический массив); относительная стабилизация тренда УПВ отмечалась в области Моздокской шовной зоны, по скв. 3061 (Центрально-Предкавказский блок).

- По скв. 3005 (Ставропольский кр., межблоковая шовная зона ЦПБ и ЦККМ), в многолетнем разрезе после длительного перерыва (январь 2017 - ноябрь 2018 гг.) в наблюдениях и после ремонтно-восстановительных работ 2018 г., с декабря 2018 г. фиксируется смена многолетнего положительного тренда на отрицательный (возможно, циклического характера). Сходное отрицательное направление тренда УПВ фиксировалось с начала наблюдений (1987 г.) до 1991 г. В апреле 2021 г. сохраняется общий слабо отрицательный тренд УПВ, близкий к относительной стабилизации.

- В многолетнем разрезе и по состоянию на апрель текущего года по большинству скважин сети прослеживается региональное понижение температуры воды (в пределах 0,5-1°C, в отдельных случаях до 8°C), наиболее заметное по пунктам, расположенным на морских побережьях. По скважине 3011 (г. Краснодар), напротив, продолжается общее повышение температуры воды (в пределах 1,0 °C) с 2008 г., и по состоянию на апрель текущего года; по скв. 3017 (с. Бабугент, КБР) общее повышение температуры воды прослеживается по 2016 г. (после возобновления наблюдений в 2020 г. получен пока еще малый ряд измерений).

- В многолетнем разрезе по скв. 3060 (ст-ца Должанская) с марта 2020 и по состоянию на апрель текущего года наблюдается заметное расхождение тренда сезонных конформных колебаний УПВ (после интенсивно положительного тренда в декабре 2020-феврале 2021 гг.) и уровня моря.

Краткосрочная оценка сейсмогеодинамического состояния геологической среды за апрель. В полях напряженности геологической среды (ПНГС), построенных по полученным ежесуточным данным УПВ, прослеживались, в основном, от фоновых до умеренно аномальных значения приведенных (нормированных) амплитуд УПВ (Апр) – вычисленное нормированное значение градиента изменения уровня подземных вод под влиянием совокупности факторов (в том числе и сейсмичности), по отдельным пунктам – до аномальных (в том числе на фоне климатического фактора).

В Западной части Северо-Кавказского сейсмоактивного региона при анализе суточных карт-схем ПНГС и графиков приведенных амплитуд (по среднесуточному, минимальному и максимальному положению УПВ) по скважинам Краснодарского края, фиксировалось состояние ГГД поля, по большинству пунктов от фонового до умеренно аномального и, реже, аномального: скв. 3003, 3014, 3097, 3020, 84, 71, в том числе в соответствии с вариациями атмосферного давления и на фоне осадков.

На временных графиках наблюдаемых параметров за апрель выделены:

- по скв. 7 (пост Таманский) кратковременные понижения электропроводности 01.04, 04.04, 22.04 и контрастные вариации 20.04 (с наибольшей амплитудой 152 мСм/м в течение 6 часов); выявленные нарушения фиксировались максимально за 17 суток, минимально за 7 суток до реализации землетрясений слабых энергий 18.04 с  $M=3,3$ ,  $R_{вл}=27$  км и 28.04 с  $M=3,4$ ,  $R_{вл}=30$  км (табл. 1, 2, рис. 4-5), вне радиуса их влияния, на расстоянии 106 и 100 км от пункта наблюдений (рис. 8а);

- по скв. 3006 (хут. Анапский) нарушение взаимосвязи УПВ и Ратм 09-10.04, 23.04, 27.04, незначительный подъем УПВ 19-20.04 в противофазе с электропроводностью, на фоне осадков и реализации близкой сейсмичности слабых энергий 18.04 и 28.04, вне радиуса влияния (соответственно  $R_{вл}=27$  и 30 км,  $R_{3006}=53$  и 68 км), рис. 8б.

Таблица 3

Анализ среднемесячных многолетних данных УПВ по скважинам сети ГГД мониторинга  
за апрель периода 1990-2020 гг. и текущего апреля 2021 г.

№№ п/п	№№ скв.	Преимущественное направление тренда УПВ по среднемесячным данным		Гидрогеологическая структура 2-го порядка (ВСЕГИНГЕО, 2015 г.), рис. 7	Структурно-тектоническое положение (Греков И.И., Лаврищев В.А., 2009 г.)	Примечания
		в апреле за многолетний период	в апреле 2021 г.			
1	3060	полож/ отрицат	положит	Азово-Кубанский артезианский бассейн (АКАБ)	Ростовский выступ	Наблюдения с 1990 г. Выражена сезонность
2	3006	полож/ отрицат	положит		Нижне-Кубанский кристаллический массив (близко к границе 1-го порядка)	Наблюдения с 1990 г. Выражена сезонность
3	3003	отрицат	отрицат		Западно-Предкавказский блок (ЗПБ)	Наблюдения с 1995 г. Выражена сезонность
4	3011	положит	положит		Нижне-Кубанский кристаллический массив (НККМ)	Наблюдения с 1990 г.
5	3014	положит	положит		НККМ (близко к границе 1-го порядка с Центрально-Кавказским кристаллическим массивом)	Наблюдения с 1990 г. (УПВ выше поверхности земли). Выражена сезонность
6	3096	отрицат	положит		Нижне-Кубанский кристаллический массив (близко к границе 1-го порядка с Закавказской плитой)	Наблюдения с 2017 г.
7	3099	полож/ отрицат	положит	Большекавказская гидрогеологическая складчатая область (БКГСО)	Закавказская плита (ЗП)	Наблюдения с 2009 г. Выражена сезонность
8	3020	полож/ отрицат	положит			Наблюдения с 2008 г. Выражена сезонность
9	3097	положит	положит		Центрально-Кавказский кристаллический массив (ЦККМ)	Наблюдения с 2017 г.
10	3022	отрицат	отрицат			Наблюдения с 2007 г. Выражена сезонность
11	3021	полож/ отрицат	отрицат	Центрально-Кавказский гидрогеологический массив (ЦКГМ)		Наблюдения с 1996 г. Выражена сезонность
12	3005	положит	отрицат	Восточно-Предкавказский артезианский бассейн (ВПАБ)	Центрально-Предкавказский блок (ЦПБ)	Наблюдения с 1987 г. (длительный перерыв 2017-2018 гг.). С марта 1993 г. по 2016 г. рост УПВ, после ремонтно-восстановительных работ в 2018 г. общий тренд слабо отрицательный
13	3061	отрицат	относит. стабилиз.			Наблюдения с 2012 г. Выражена сезонность
14	3026	полож/ отрицат	отрицат	Азово-Кубанский артезианский бассейн (АКАБ)		Наблюдения с 1998 г. по 2016 г. Выражена сезонность. Длительный перерыв 2017-апрель 2020 гг.
15	3016	полож/ отрицат	положит	Большекавказская гидрогеологическая складчатая область (БКГСО)	Восточно-Кавказский кристаллический массив (ВККМ), близко к границе 1-го порядка с ЦПБ	Наблюдения с 1990 г. Присутствует сезонность
16	3017	положит	положит		Центрально-Кавказский кристаллический массив (ЦККМ)	Наблюдения с 1990 г. Выражена сезонность.
17	3052	отрицат	отрицат	Восточно-Предкавказский артезианский бассейн (ВПАБ)	Восточно-Предкавказский блок (ВПБ)	Наблюдения с 2002 г. (УПВ выше поверхности земли) Присутствует сезонность
18	3055	отрицат	отрицат		Восточно-Кавказский кристаллический массив (ВККМ), близко к границе 1-го порядка с Туранской плитой	Наблюдения с 2001 г. (УПВ выше поверхности земли) Выражена сезонность
19	3056	отрицат	отрицат			Наблюдения с 2002 г. Присутствует сезонность





Рис. 7 Схема наблюдательной сети ГГД мониторинга по состоянию на 30.04.2021 г. на основе карты гидрогеологического районирования территории Российской Федерации (территория ЮФО и СКФО), актуализированной на 01.01.2016 г. (ВСЕГИНГЕО, 2015 г.)



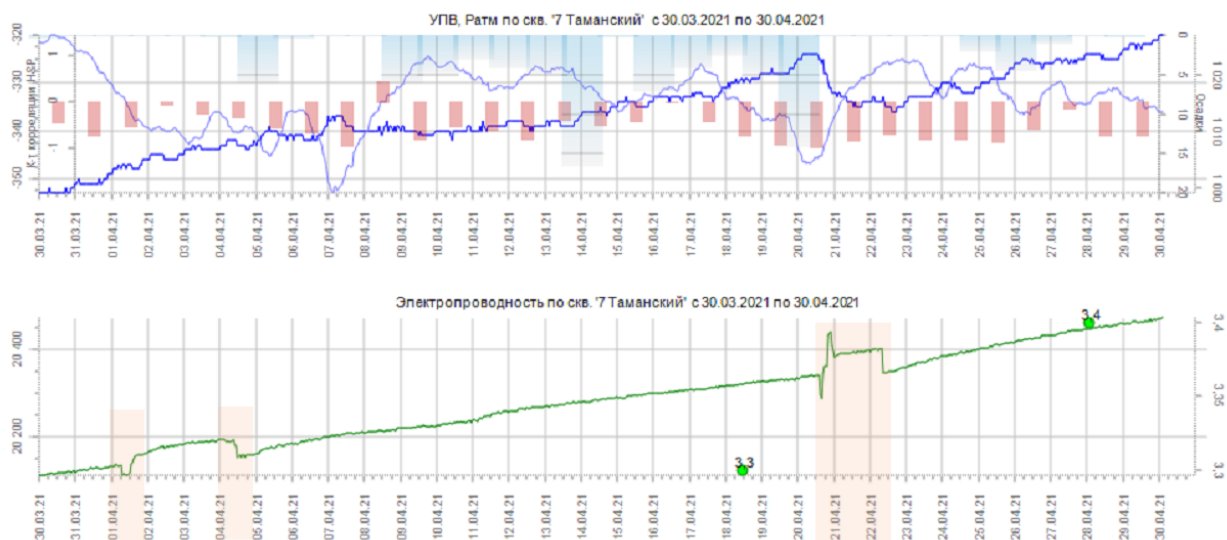


Рис. 8а Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров по скв. 7 в апреле 2021 г. в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью в радиусе до 110 км по данным ССД ЕГС РАН

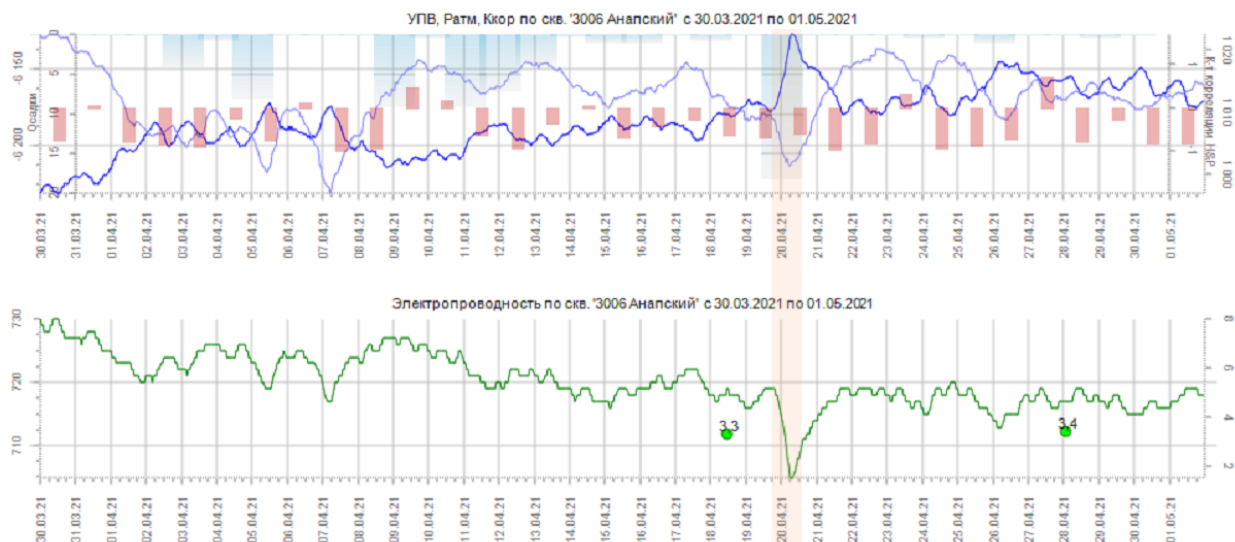


Рис. 8б Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров по скв. 3006 в апреле 2021 г. в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью в радиусе до 100 км по данным ССД ЕГС РАН

В Центральной части Северо-Кавказского сейсмоактивного региона, при анализе суточных карт-схем ПНГС и графиков приведенных амплитуд (по среднесуточному, по минимальному и максимальному положению УПВ) в апреле фиксировалось состояние ГГД поля, в основном, от фонового до умеренно аномального и, реже, аномального: в 3-й декаде по скв. 3061.

На временных графиках наблюдаемых параметров за апрель выделены:

- по скв. 3005 (пос. Санамер, Ставропольский кр.) в период 27-31.03 контрастные вариации электропроводности в противофазе с УПВ, а также наиболее заметное нарушение связи УПВ и Ратм 29.03-01.04, за 12-10 суток до местного события 08.04.21 г. слабых энергий  $M=3,3$ , вне радиуса влияния, на расстоянии 44 км от пункта (табл. 1, 2, рис. 4-5), рис. 9а;

- по скв. 3017 (пос. Бабугент, КЧР) нарушение хода вариаций электропроводности 05.04, в том числе на фоне реализации близкой сейсмичности слабых энергий 07.04, вне



радиуса влияния ( $R_{вл}=33$  км,  $R_{3017}=67$  км), и с 14.04 в соответствии с сезонными подъемами УПВ (рис. 96);

- по скв. 3021 (пос. Эльбрусский, КЧР) понижение электропроводности 04.04, и контрастные вариации 07-08.04 20.04 (с наибольшей амплитудой 8-13 мСм/м), в т.ч. на фоне осадков и близкой сейсмичности до умеренных энергий 07-08.04 (М от 3,1 до 3,5, табл. 1, 2, рис. 4-5) и 17.04 (М до 4,3, табл. 1, 2, рис. 4-5), рис. 9в; по скв. 3061 (г. Моздок, РСО-Алания) повышение электропроводности 05.04 в противофазе с температурой воды, в т.ч. на фоне близкой сейсмичности до умеренных энергий 06.04 (М 4,0, табл. 1, 2, рис. 4-5), рис. 9в.

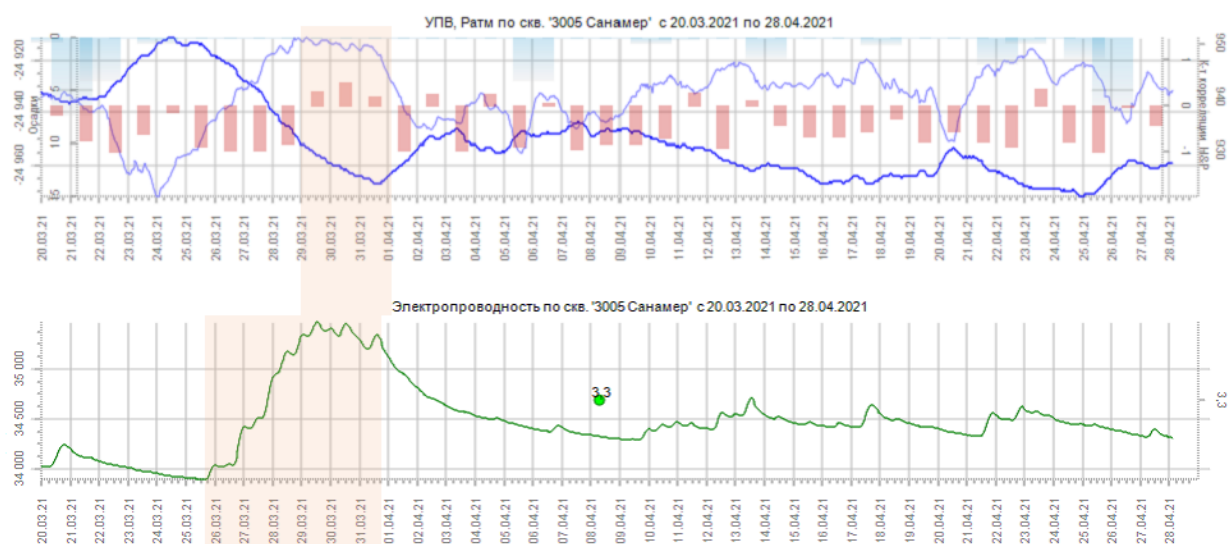


Рис. 9а Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров за период 20.03-28.04.21 г. по скв. 3005 в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН в радиусе до 100 км. Цветной заливкой отмечены периоды аномального состояния параметров

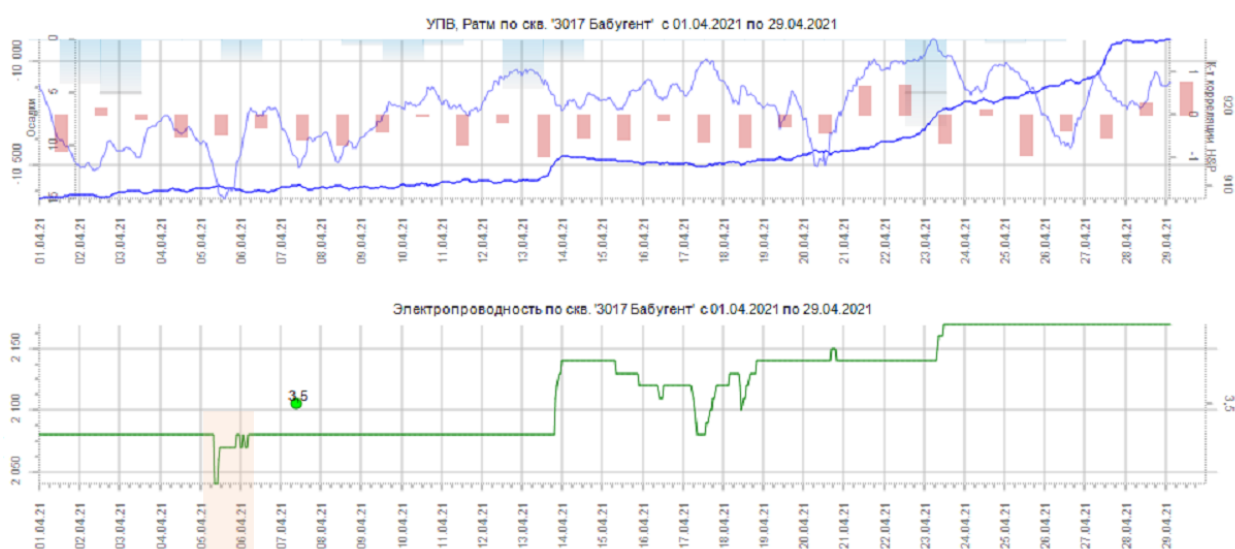


Рис. 9б Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров за период 01.04-29.04.21 г. по скв. 3017 в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН в радиусе до 100 км. Цветной заливкой отмечен период аномального состояния параметра

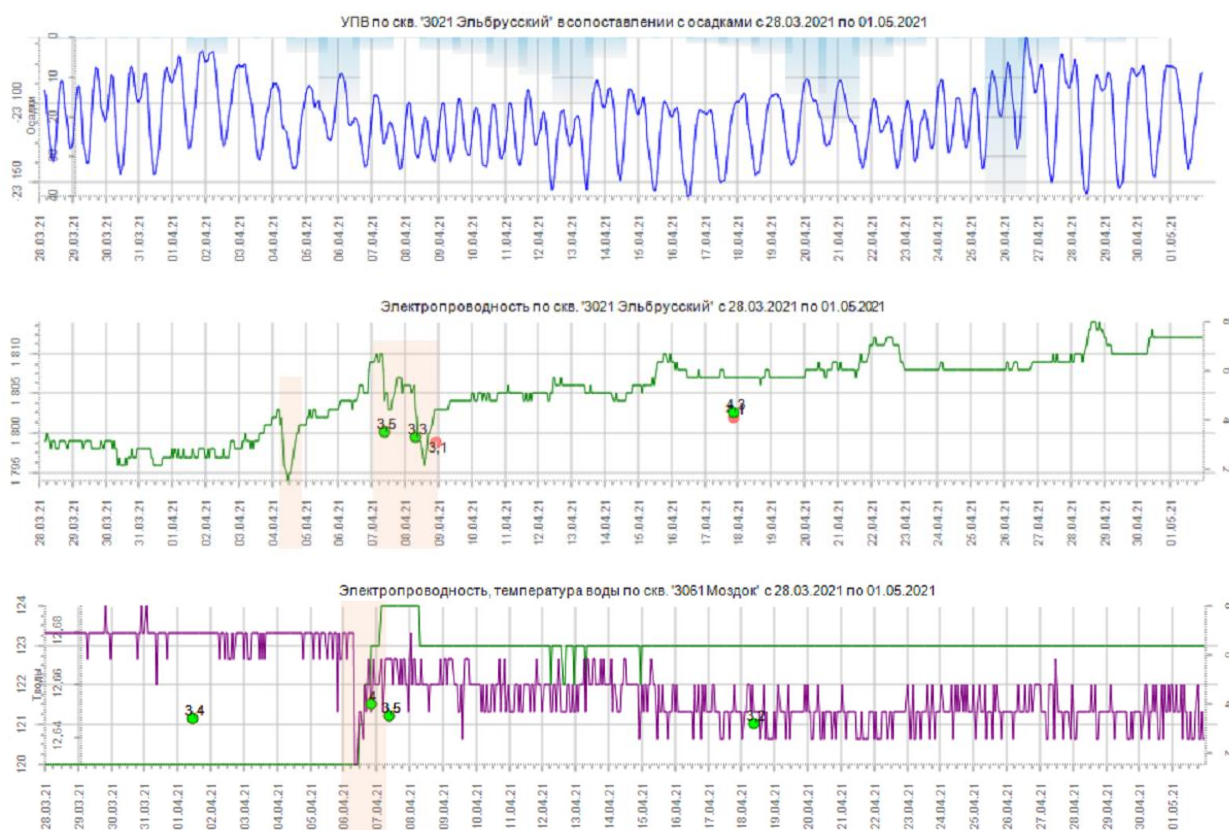


Рис. 9в Графики вариаций наблюдаемых параметров за период 28.03-01.05.21 г. по скв. 3021 и скв. 3061 в сопоставлении с режимобразующими факторами и сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН и EMSC в радиусе до 150 км. Цветной заливкой отмечен период аномального состояния параметра

В Восточной части Северо-Кавказского сейсмоактивного региона при анализе суточных карт-схем ПНГС и графиков приведенных амплитуд (по среднесуточному, по минимальному и максимальному положению УПВ) в апреле состояние ГГД поля фиксировалось от фонового до умеренно аномального.

На временных графиках наблюдаемых параметров за апрель выделены:

- по скв. 3055 (г. Каспийск, РД) с 04.04 восстановление вариаций электропроводности (с 24.03 фиксировались контрастные вариации амплитудой до 1050 мСм/м) и 21-22.04 увеличение частоты и амплитуды внутрисуточных вариаций УПВ в соответствии с  $R_{атм}$ , на фоне реализации близкой (вне радиуса влияния) сейсмичности до умеренных энергий 03-04.04 в радиусе 90-100 км и 26.04 на расстоянии 55 км от пункта (рис. 10). Сходное поведение параметра отмечалось в декабре 2020 г., за 17 суток до реализации землетрясения в радиусе влияния ( $M=4,8$ ,  $R_{вл}=120$  км).

- по скв. 3052 (пос. Серебряковка, РД) нарушения связи с атмосферным давлением в течение суток 08.04;

- по скв. 3056 (с. Шаласы, РД), как и в предыдущем месяце, контрастные понижения электропроводности 14.04, в том числе на фоне реализации близкой сейсмичности умеренных энергий 24.04, вне радиуса влияния, на расстоянии 95 км от пункта.

Таким образом, по ежедекадным трендам ГГД поля в апреле устойчивые области с напряжениями сжатия наблюдаются в западной и юго-восточной (зоны разломов 1-го порядка и шовных зон) частях региона, в том числе до максимальных значений на фоне проявления сезонности.

По состоянию на первую декаду мая 2021 г. по имеющимся данным суточных ПНГС (расчет Апр по минимальному-максимальному и среднесуточному положению УПВ) на

территории Северо-Кавказского региона состояние ГГД поля изменялось в основном от фонового до умеренно аномального, реже аномального (по скв. 3014, 3096, 3026, 3056, в т.ч. на фоне проявления сезонности), преимущественно в состоянии сжатия.

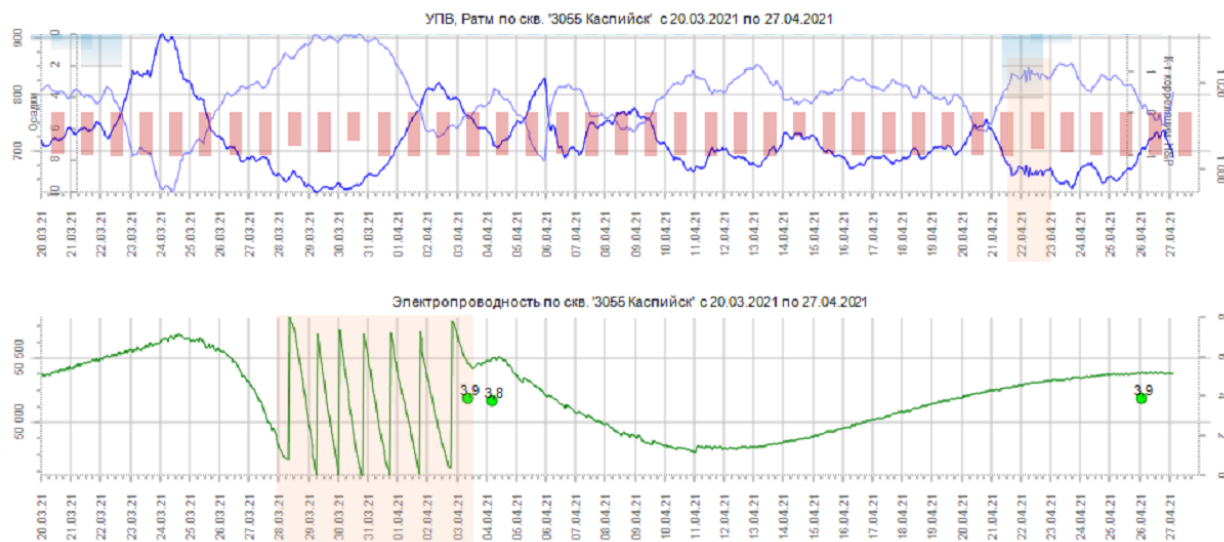


Рис. 10 Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (коэф. корреляции УПВ и Ратм) параметров по скв. 3055 в сопоставлении с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН. Цветной заливкой отмечены периоды аномального состояния параметров

### 3. Оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона по данным мониторинга геофизических и газо-гидрогеохимического полей

В отчетное время на Кавказском полигоне были продолжены геофизические и газо-гидрогеохимические наблюдения за эндогенными геологическими процессами территории Северо-Кавказского сейсмоактивного региона (рис. 1).

В апреле 2021 г. Кавказский (Северо-Кавказский) геофизический полигон филиала ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН» продолжил работу в штатном режиме на пунктах, оборудованных в предыдущий период.

Таким образом, в апреле 2021 г. (по состоянию на 30.04.2021 г.) наблюдения параметров ЕИЭМПЗ проводились ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН» на 12-ти пунктах сети мониторинга опасных эндогенных геологических процессов Северо-Кавказского полигона (рис. 1): Каткова Щель, Эстосадок, Шаджатмаз, Ессентуки, Безенги, Даргавс, Полтавское, Грозный, Сергокала, Преградная, Эльбрусский и Гуниб.

В отчетном месяце, наблюдательная сеть телеметрических пунктов регистрации ЕИЭМПЗ работала, в основном, в штатном режиме. Кроме пункта Грозный, где в связи с постоянными отключениями электроснабжения из-за планового ремонта линий электропередач, было принято решение о временной приостановке регистрации с 05.03.2021 г. По завершению ремонтных работ, 29.03.2021 г. регистратор был перезапущен наблюдателем.

По результатам камеральной обработки (нормирование, осреднение, фильтрация) наиболее представительных и информативных исходных рядов наблюдений интенсивности ЕИЭМПЗ был построен комплексный график вариаций количества электромагнитных импульсов по Северо-Кавказскому региону за период с 01.04.2021 г. по 09.05.2021 г. (рис. 11). Здесь же показаны сейсмические события, произошедшие в регионе за этот период.

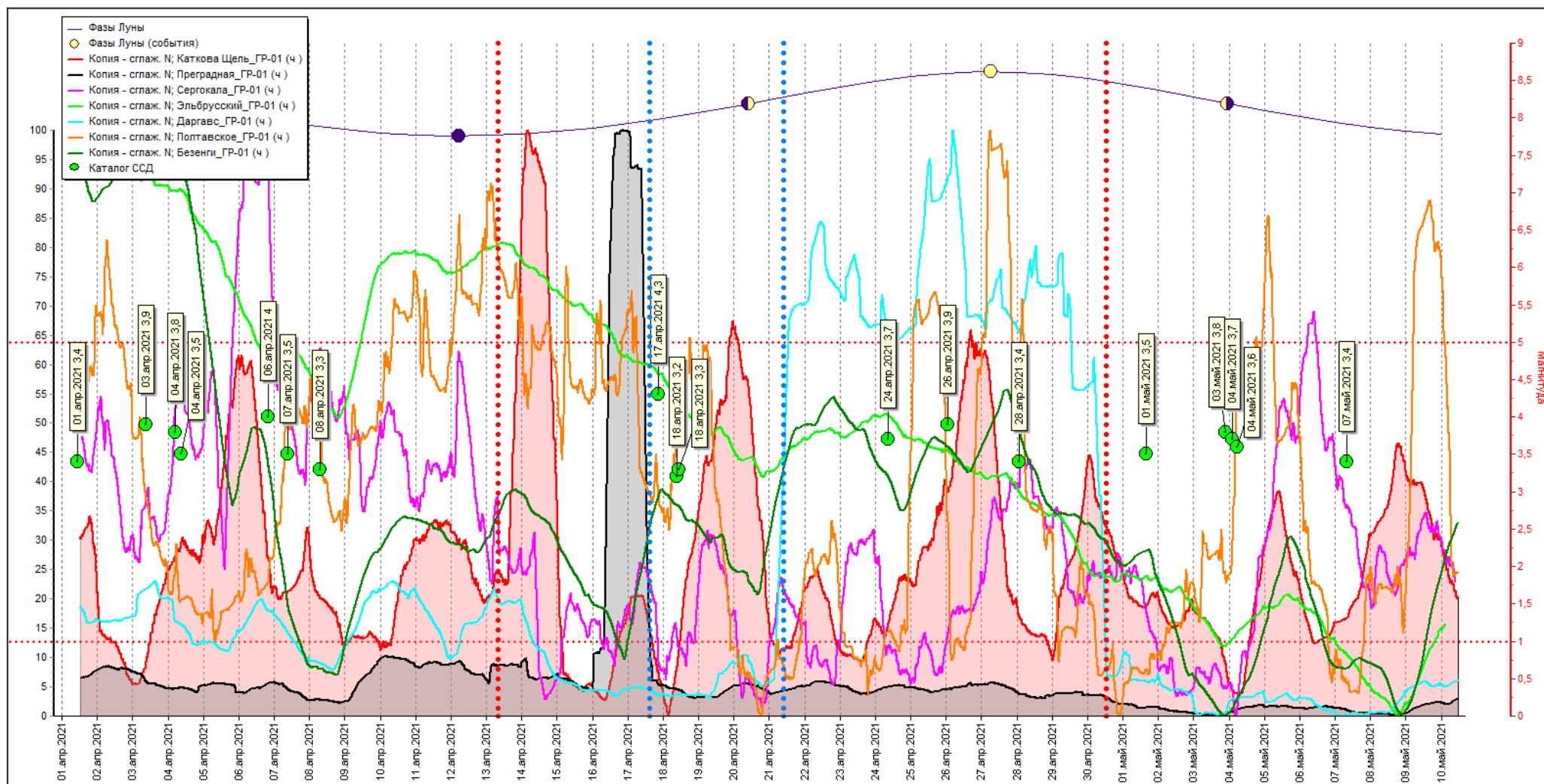


Рис. 11 Комплексный график вариаций ЭМИ (ЕИЭМПЗ) в период с 01.04.2021 г. по 09.05.2021 г.

Анализ графиков наблюдаемых вариаций количества импульсов ЕИЭМПЗ, в отчетном месяце проводился как в связи с региональной сейсмичностью в пределах Большого Кавказа и прилегающей территории Закавказья, так и с учетом сейсмичности высоких энергий в пределах прилегающей территории Анатолийско-Кавказского сейсмоактивного региона.

На сводном графике в начале месяца слабоконтрастная аномалия интенсивности ЕИЭМПЗ прослеживается по пунктам Безенги, Эльбрусский и Сергокала с 1 по 6 апреля, которая вероятнее всего предвляла реализацию (самого сильного для Северного Кавказа в отчетном месяце) события умеренной энергии ( $m_b=4,0$ ) реализовавшийся на западе территории Чеченской Республики, на северо-западном фланге Чеченской впадины Предгорной зоны локальных впадин Терско-Каспийского прогиба (на западном окончании Черноморской очаговой области).

Контрастные однопиковые аномалии, фиксируются 14 апреля на пункте Каткова Щель и 16 апреля на пункте Преградная, которые вероятнее всего предвляли реализацию 17.04.2021 г. землетрясения умеренной энергии ( $m_b=4,3$ ), на западе Грузии в пределах Рионской впадины. При этом, не исключено, что аномалия по пункту Каткова Щель предвляла реализацию 18.04.2021г. землетрясения слабой энергии ( $m_b=3,3$ ) в акватории Черного моря (близ г. Анапа) на границе Чвежипсинской (море) складчатой зоны и Туапсинского прогиба (в зоне влияния Воронцовского (Приморского) корового разлома).

С 21 по 29 апреля на пункте Даргавс фиксировалось увеличение амплитуды суточных вариаций интенсивности ЕИЭМПЗ. Аномальный характер суточных вариации, вероятно был связан с процессом подготовки близкого к пункту землетрясения умеренной энергии ( $m_b=3,6$ ), которое 04.05.2021 реализовалось на территории Южной Осетии в Рачинской очаговой области.

В отчетном месяце по ряду пунктов (Преградная, Эльбрусский, Ессентуки, Даргавс, Полтавское) сохранился, отмеченный в прошлом месяце слабо выраженный тренд к снижению среднего уровня интенсивности ЕИЭМПЗ. По пункту Каткова Щель сохранился отмеченный ранее 6-7-суточный цикл усиления интенсивности суточных вариаций. По остальным пунктам выраженный тренд интенсивности не прослеживается.

В связи с проведением в январе-апреле 2021 года для ряда пунктов работ по корректировке параметров регистрации для устранения помех и повышения информативности, на данном этапе, однозначно судить о долговременном сезонном характере проявления вариаций интенсивности ЕИЭМПЗ не представляется возможным.

В **апреле** 2021 г. на Северо-Кавказском полигоне регистрация сейсмических сигналов выполнялась в 18-ти точках, оборудованных специалистами филиала ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН» как в предыдущий период.

По состоянию на **30.04.2021 г.** измерительная аппаратура установлена на 18 пунктах сейсмических наблюдений локальной сети филиала «Южный региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология». Мониторинг сейсмического поля на Кавказском геофизическом полигоне осуществляется на пунктах: Киевский, Анапа, Пшада, Каткова Щель, Шаумян, Эстосадок, Преградная, Кубрань, Эльбрусский, Суворовская, Железноводск, Полтавское, Даргавс, Теберда, Шаджатмаз, Безенги, Грозный и Гуниб.

В отчетном месяце, наблюдательная сеть телеметрических пунктов регистрации сейсмических сигналов филиала «Южный региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология» работала в основном в штатном режиме. Кроме пункта Суворовская, где 23.04.2021 г. оборудование было временно демонтировано.

По результатам обработки и анализа первичных записей на пунктах сейсмического мониторинга филиала «Южный региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология» за апрель 2021 г. выявлены сейсмограммы, отождествляемые с реализацией 2-х локальных сейсмических событий очень слабой энергии, не отраженного в каталогах ССД ЕГС РАН и EMSC.



Локальное сейсмическое событие слабой энергии ( $m_b = 2.5$ ) 04.04.2021 г. (20:44:38) было зафиксировано на пунктах Даргавс, Грозный, Гуниб и Железноводск.

По данным локализации землетрясение реализовалось в горной части территории Чеченской Республики, на западном фланге *Восточной части* складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, на границе моноклинали Известнякового Дагестана и Агвали-Хивской тектонической зоны складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа.

Еще одно локальное сейсмическое событие слабой энергии ( $m_b = 2.2$ ) 7.04.2021 г. (08:50:59) было зафиксировано на пунктах Эльбрусский, Шаджатмаз, Суворовская, Даргавс, Теберда и Железноводск.

По данным локализации землетрясение реализовалось в горной части территории Кабардино-Балкарской Республики, на северном фланге Балкаро-Дигорского блока поднятия Главного хребта (в тектоническом узле на пресечении Пшекиш-Тырныаузского и Баксанского коровых разломов), на восточном фланге Центрально-Кавказского кристаллического массива.

Мониторинг газо-гидрогеохимического поля в рамках собственных работ в отчетном месяце заключался в наблюдениях объемной активности радона (ОАР) в подпочвенных газах на 4-х пунктах: в г. Ессентуки на базе Филиала (ПН 1-ЮРЦ), в пос. Эльбрусский (КЧР) и на территории Краснодарского края в г. Анапа и пос. Каткова Щель. Применяемое оборудование – измерительный комплекс «Альфарад плюс» (производитель ООО «НТМ Защита», г. Москва, предназначен для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов).

В апреле продолжены работы по накоплению данных для последующего анализа, в том числе выделения сезонных и других зависимостей, фоновых и аномальных вариаций параметра, в том числе в сопоставлении с сейсмичностью (рис. 12, 13). На графиках пунктов наблюдения ОАР выделяются суточные вариации эксгаляции радона (в том числе по пункту Каткова Щель и Эльбрусский в соответствии с температурой воздуха).

По пункту Анапа общее понижение уровня эксгаляции ОАР фиксировалось в 1-2-й декадах апреля в соответствии с относительной влажностью воздуха (рис. 12); наиболее заметные всплески эксгаляции радона наблюдались в период 20-24.04 (372-436 Бк/м<sup>3</sup>). Реализация наиболее близкой сейсмичности слабых энергий 18.04 ( $M=3,3$ ,  $R_{вл}=27$  км,  $R_{Анапа}=36$  км) происходила на фоне общего понижения уровня эксгаляции радона и 28.04 ( $M=3,4$ ,  $R_{вл}=30$  км,  $R_{Анапа}=37$  км) после наиболее высоких концентраций ОАР (20-24.04) за весь период наблюдений (с января 2021 г.).

По пункту Каткова Щель всплески эксгаляции радона отмечались 08.04 (852 Бк/м<sup>3</sup>), 14.04 (1140 Бк/м<sup>3</sup>), 25.04 (9222 Бк/м<sup>3</sup>); общее понижение уровня эксгаляции ОАР фиксировалось с 28.04 в соответствии с атмосферным давлением и на фоне роста относительной влажностью воздуха (рис. 12).

По пункту Эльбрусский вариации ОАР в основном в противофазе с атмосферным давлением, всплески эксгаляции радона отмечались 06.04 (26287 Бк/м<sup>3</sup>), 09.04 (25542 Бк/м<sup>3</sup>), 17.04 (28285 Бк/м<sup>3</sup>), 21.04 (29706 Бк/м<sup>3</sup>).

По пункту 1-ЮРЦ В апреле наблюдалось увеличение амплитуды вариаций ОАР (08-13.04.04, 15-19.04 и с 27.04), при этом наиболее заметные всплески эксгаляции радона наблюдались в период 15-19.04 (7965-9993 Бк/м<sup>3</sup>), (рис. 13). Реализация наиболее близкой сейсмичности слабых энергий (08.04  $M=3,3$ ,  $R_{вл}=27$  км,  $R_{1-ЮРЦ}=40$  км) происходила на фоне общего понижения уровня эксгаляции радона в марте, в т.ч. до нулевых значений ОАР в конце марта-начале апреля.

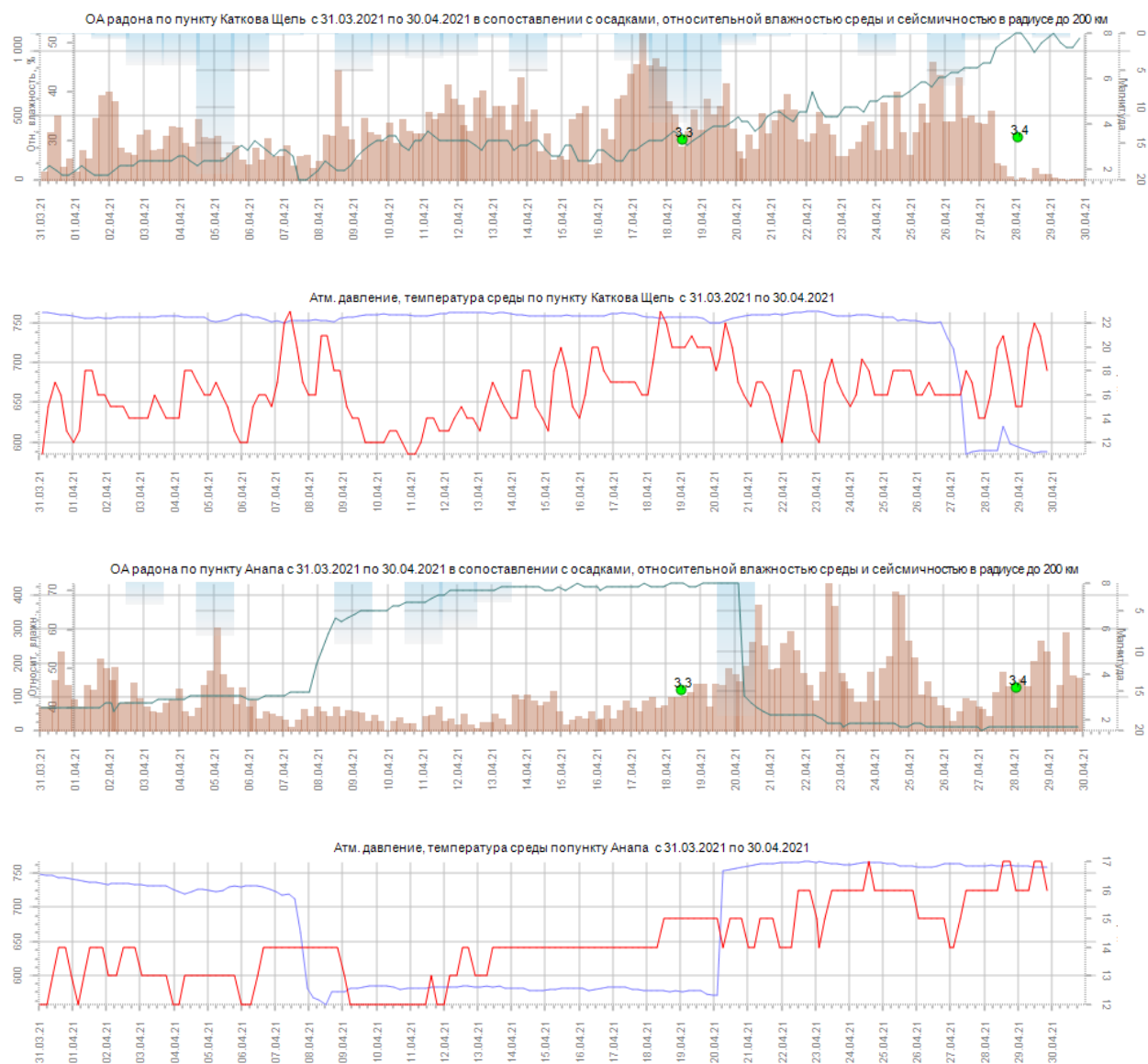


Рис. 12 Вариации ОАР по пунктам Каткова Щель и Анапа (Краснодарский кр.) за период 31.03-30.04.2021 г. в сопоставлении с режимобразующими факторами и с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН в радиусе до 200 км

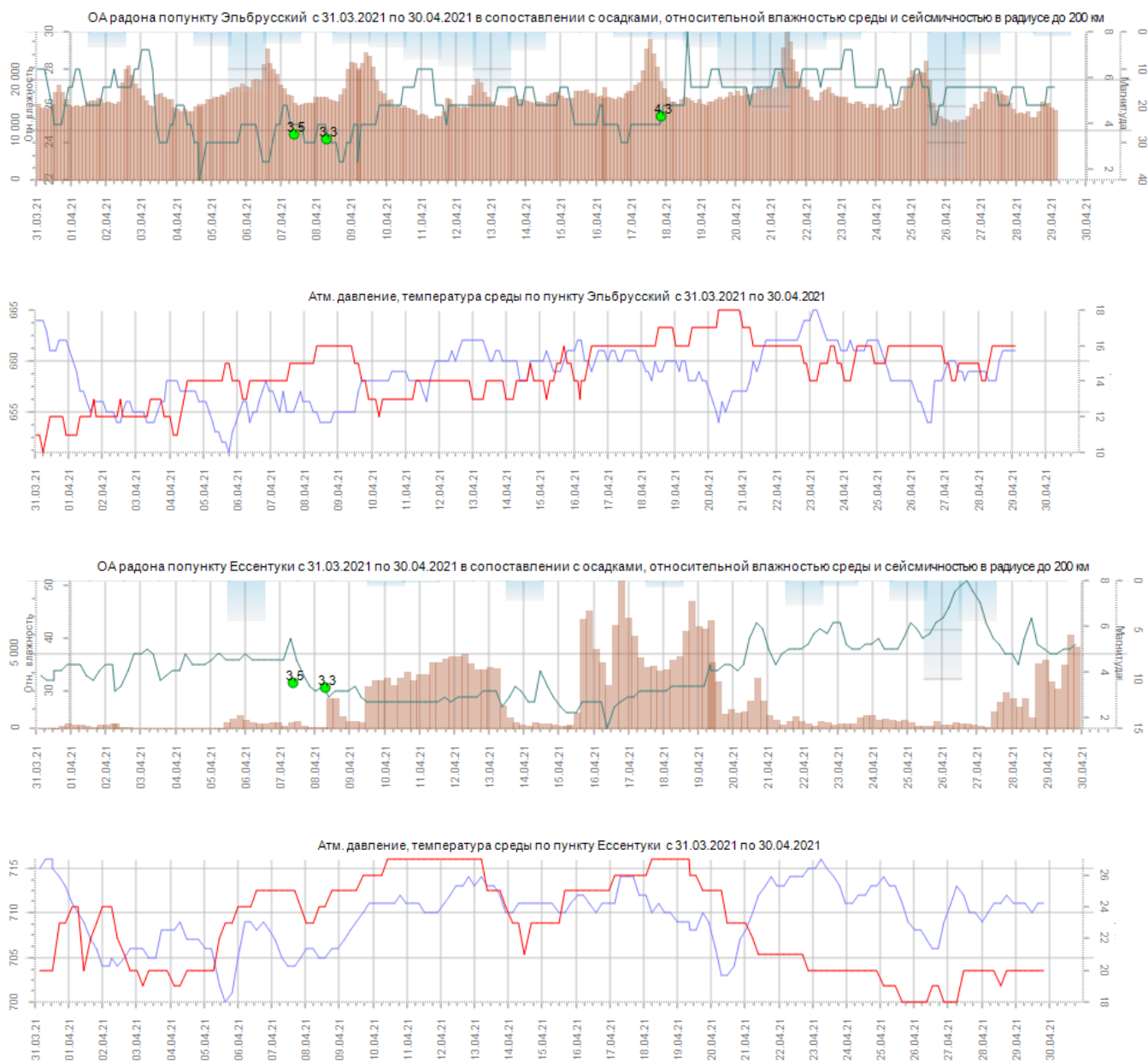


Рис. 13 Вариации ОАР по пунктам Эльбрусский (КЧР), 1-ЮРЦ (Ессентуки, Ставропольский кр.) в сопоставлении с режимобразующими факторами и с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН в радиусе до 200 км



#### 4. Комплексная оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона

На основании полученных данных за апрель 2021 г. для оценки сейсмогеодинамического состояния и степени сейсмической опасности в мае 2021 г. осуществлялся комплексный анализ изучаемых параметров и известных режимообразующих факторов.

По данным сейсмических наблюдений ССД ЕГС РАН и EMSC (предварительные каталоги табл. 1-2, рис. 4-5), а также сейсмического мониторинга локальной наблюдательной сети филиала «Южный региональный центр ГМСН» в **апреле 2021 г.** на рассматриваемой территории Предкавказья, Большого Кавказа и прилегающих акваториях Азовского, Чёрного и Каспийского морей было зафиксировано 14 землетрясений очень слабых, слабых и умеренных энергий, с магнитудами ( $m_b$ ) от 2.2 до 4.0.

Большинство сейсмических событий на рассматриваемой территории Кавказа произошло в *Восточной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа) было зафиксировано 9 землетрясений (1 по данным локальной сети) очень слабых, слабых и умеренных энергий с магнитудами ( $m_b$ ) от 2.5 до 4.0, при этом на территории *Восточной части* Северного Кавказа (8 событий).

В *Центральной части* Кавказского региона в апреле было зафиксировано 4 землетрясения (1 по данным локальной сети) очень слабых, слабых энергий с магнитудами ( $m_b$ ) от 2.2 до 3.5. Сейсмическая активность проявилась в пределах *Центральной части* территории Предкавказья (1 событие), складчато-глыбового поднятия *Центрального* Кавказа (3 события), в том числе 2 на территории *Центральной части* Северного Кавказа.

В пределах *Западной части* Кавказского региона (территория Предкавказья, складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающие акватории Черного и Азовского морей), в апреле 2021 г. было зарегистрировано 2 землетрясения слабой энергии ( $m_b=3.3$  и  $m_b=3.5$ ), реализовавшееся в акватории Черного моря (близ г. Анапа) на границе Чвежипсинской (море) складчатой зоны и Туапсинского прогиба (в зоне влияния Воронцовского (Приморского) корового разлома).

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле 2021 г.** (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря было немного ниже среднемноголетнего уровня для последних лет (10 событий), при фоновых значениях выделившей сейсмической энергии для территории *Восточной части* Кавказа (рис. 14).

При этом, в отчетном месяце отмечается продолжение (с ноября 2020 г.) режима относительного сейсмического затишья на южном склоне складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа (Закатальская очаговая область).

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле 2021 г.** (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») на территории *Центральной части* территории Кавказа было несколько ниже уровне среднемноголетних значений сейсмичности последних лет (5 землетрясений), при фоновых значениях выделившейся суммарной сейсмической энергии (рис. 14).

При этом надо отметить продолжение сейсмической активности на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Рача-Джавско-Онийская очаговая область) в связи с реализацией серии из 2-х землетрясений слабой энергии.

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле 2021 г.** (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») для *Западной части* региона (территория Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающая акватория Черного и Азовского морей), было на уровне среднемноголетних значений сейсмичности, при фоновых значениях выделившейся сейсмической энергии.

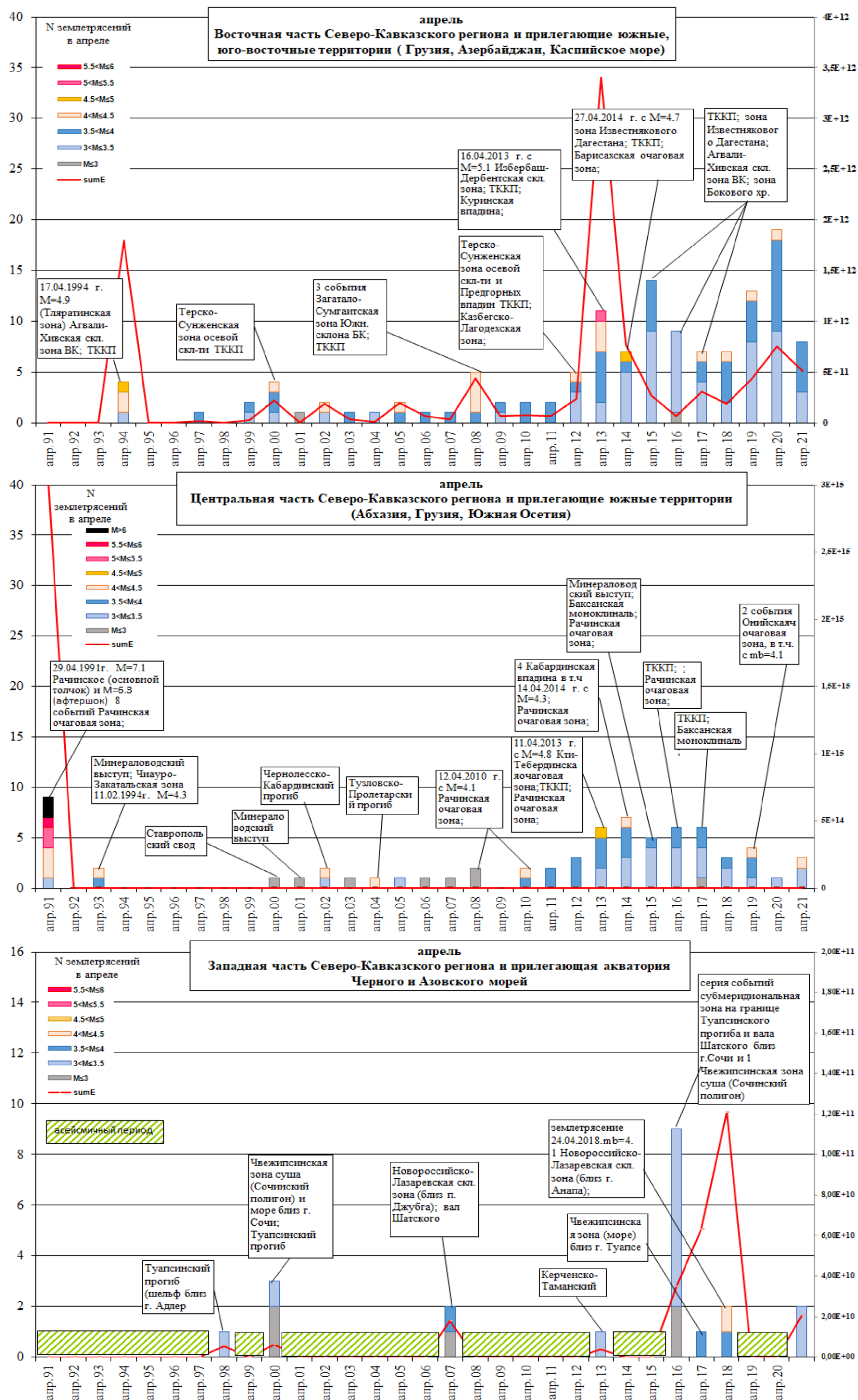


Рис. 14 Графики количества и суммарной энергии землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в апреле конкретного года в период 1991-2020 гг., в Западной, Центральной и Восточной частях Северо-Кавказского региона и прилегающих территориях

В тектоническом отношении в Предкавказье и на Большом Кавказе сейсмически активными в данном месяце являлись следующие тектонические зоны (рис. 3):

1. Система Предкавказских краевых прогибов:
  - 1.1 Беломечетский прогиб:
  - 1.2 Терско-Каспийский прогиб:
    - Терско-Сунженская зона осевой складчатости;
    - Предгорная зона локальных впадин;
2. Складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа:
  - 2.1 Северо-Кавказская моноклиналь:
    - зона Известнякового Дагестана;
  - 2.2 Складчато-глыбовое поднятие Восточного Кавказа:
    - зона Бокового хребта;
    - Шаро-Аргунская зона;
    - Агвали-Хивская складчатая зона;
  - 2.3 Складчато-глыбовое поднятие Центрального Кавказа:
    - поднятие Главного хребта;
  - 2.4 Складчатые зоны Южного склона Большого Кавказа:
    - Местийско-Тианетская;
3. Закавказская межгорная область:
  - Рионская впадина;

В соответствии со схемой глубинного строения и тектонического районирования Северного Кавказа (альпийский этап) большинство эпицентров землетрясений в **апреле** 2021 г. в региональном плане (рис. 2-5) были приурочены к межблоковым шовным зонам (северной границе Восточно-Кавказского и южной границе Центрально-Кавказского кристаллических массивов), в меньшей степени к коровым разломам (Пшекиш-Тырныаузский, Ахтычайский, Пуйский).

Надо отметить, что в предыдущие месяцы (с ноября 2020 г.) на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря фиксировалось повышенное количество землетрясений слабых и умеренных энергий, при этом намечалось постепенное увеличение энергии отдельных событий (сильные толчки 12 и 13 декабря 2020 г. ( $m_b=4.7$  и  $m_b=4.8$ ) в Черногорской очаговой области; 2 января 2021 г. ( $m_b=4.8$ ) в Избербаш-Дербентской зоне). Тогда как в феврале-марте и отчетном месяце сейсмичность проявилась на уровне ниже фоновых значений для последних лет. То есть можно говорить об относительном сейсмическом затишье. Также, в отчетном месяце отмечается продолжение (с ноября) режима относительного сейсмического затишья на южном склоне складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа (Закатальская очаговая область).

По данным сейсмической активности, реализовавшейся в **апреле** 2021 г., текущее сейсмогеодинамическое состояние геологической среды всей территории Северо-Кавказского сейсмоопасного региона, оценивается как *умеренно аномальное слабо активизированное*. В том числе в пределах *Центральной части* Северо-Кавказского региона, как *умеренно аномальное*, в пределах *Западной и Восточной частей* Северо-Кавказского региона - как *умеренно-аномальное активизированное*.

По ежедекадным трендам ГГД поля в апреле 2021 г. устойчивые области с напряжениями сжатия наблюдаются в западной и юго-восточной (зоны разломов 1-го порядка и шовных зон) частях региона, в том числе до максимальных значений на фоне проявления сезонности.

Таким образом, по результатам комплексного анализа имеющихся данных ГГД-мониторинга и данных геофизических и газо-гидрогеохимических наблюдений, а также анализа сейсмического режима на **01.05.2021 г.** текущее сейсмогеодинамическое состояние геологической среды всего Северо-Кавказского сейсмоактивного региона оценивается как *умеренно аномальное слабо активизированное*.

#### 4.1 Оценка степени сейсмической опасности на май 2021 г.

предыдущем месяце, в целом, подтвердилась.

Для *Западного*, *Центрального* и *Восточного* сегментов сейсмическая активность слабых и умеренных энергий не превысила уровня прогнозируемых значений. Оправдался прогноз о наибольшем проявлении сейсмического процесса, в *Восточном* сегменте Большого Кавказа (от меридиана Владикавказа до шельфа Каспийского моря – 49°).

Для прогнозной оценки степени сейсмической опасности в **мае** 2021 г. с учетом сезонного фактора осуществлялся анализ проявлений сейсмического процесса в прошлые годы.

Ретроспективный анализ сейсмического режима Кавказского сейсмоактивного региона проводился по данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН (г. Обнинск) за период с 01.01.1991 г. по 31.12.2020 г. Эпицентры землетрясений из этого каталога для выбранной области Анатолийско-Кавказского региона приведены на рис. 15. Здесь же показаны выборки из каталога событий, используемые для оценки сейсмического режима *Западного*, *Центрального* и *Восточного* сегментов Большого Кавказа и прилегающих областей. Для оценки изменений регистрационных характеристик сети ССД ЕГС РАН за текущий период был построен график числа землетрясений с интервалом в один год (рис. 16). На графике чётко видны качественные скачки (2005, 2011 гг.) развития системы регистрации с 1991 года, которые надо учитывать при ретроспективном сравнении.

Анализ графика (рис. 17) числа землетрясений с интервалом в один год сформированной выборки для Кавказского региона с 1991 по 2020 гг. показывает значительный рост числа регистрируемых слабых событий относительно фиксируемого количества более сильных событий ( $M > 3.5$ ).

На рис. 18 приведена гистограмма распределения количества регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг. в зависимости от магнитуды и месяца года. Выявляется волновая сезонная цикличность в распределении числа событий с «весенним», «осенним» и «зимним» максимумами, особенно отчетливо проявляющаяся для землетрясений с  $M > 3.5$ . Весенний максимум отмечается в мае, а осенний - в сентябре-октябре, зимний – в декабре-январе. В ноябре, марте-апреле и июле, отмечаются относительные спады сейсмической активности относительно октября и зимних месяцев.

Для анализа и оценки вероятного уровня сейсмической активности на конкретный период, для отдельных частей Северо-Кавказского сейсмоактивного региона, различающихся динамикой проявления геодинамических процессов, были построены накопительные гистограммы (рис. 19-21), отражающие вклад количества землетрясений, ранжированных по магнитудам, в общее количество событий, реализовавшихся в месяце конкретного года.

Из результатов ретроспективного анализа сейсмического режима за последние 30 лет (рис. 19-21) следует, что в **мае** 2021 г. на фоне сезонного роста (по сравнению с апрелем (рис. 18)), сейсмическая активность наиболее вероятна в *Восточном* сегменте Большого Кавказа (от меридиана Владикавказа до шельфа Каспийского моря – 49°) и *Центральном* сегменте Большого Кавказа (от меридиана Сочи - 40,0°, до меридиана Владикавказа – 45°), с реализацией землетрясений преимущественно слабых и умеренных энергий.

Большинство (96,5%) реализовавшихся на Кавказе в апреле сейсмических событий за период 1991-2020 гг. имело магнитуду ( $3.0 < M \leq 5.0$ ).

При этом на Кавказе самое сильное для мая (1991-2020 гг.) Закатальское III с  $m_b = 5.8$  было зафиксировано в мае 2012 г. (07.05.2012 г.) на южном склоне складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа (Чиауро-Закатальская флишевая зона) в Закатальской очаговой области.



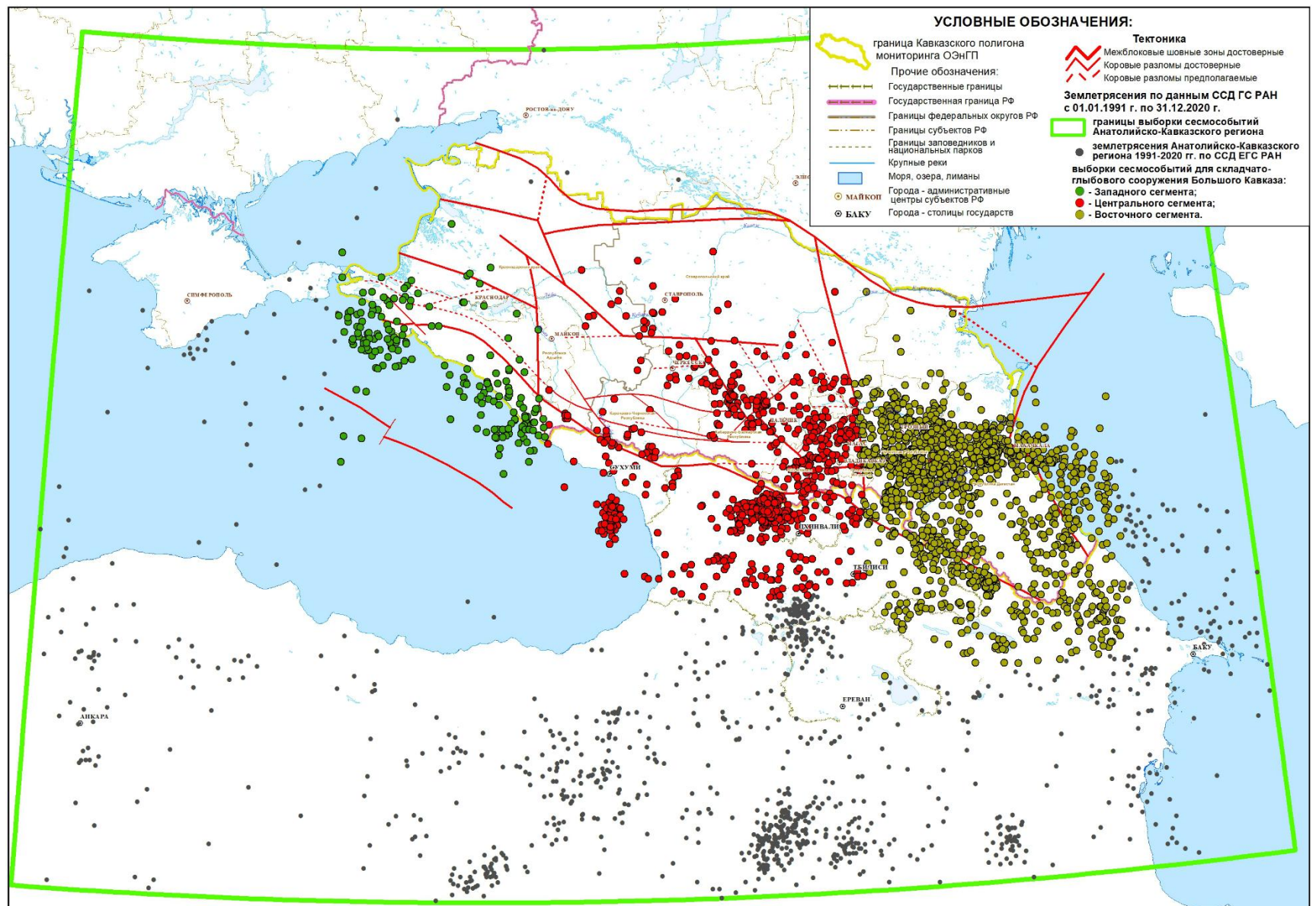


Рис. 15 Сейсмичность Анатолийско-Кавказского региона по данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН за период с 01.01.1991 г. до 31.12. 2020 г. (разным цветом показаны выборки событий: зеленым - Западного, красным - Центрального и желтым - Восточного сегментов Большого Кавказа, по которым рассчитывались статистические параметры сейсмичности; черным цветом показана периферийная сейсмичность)

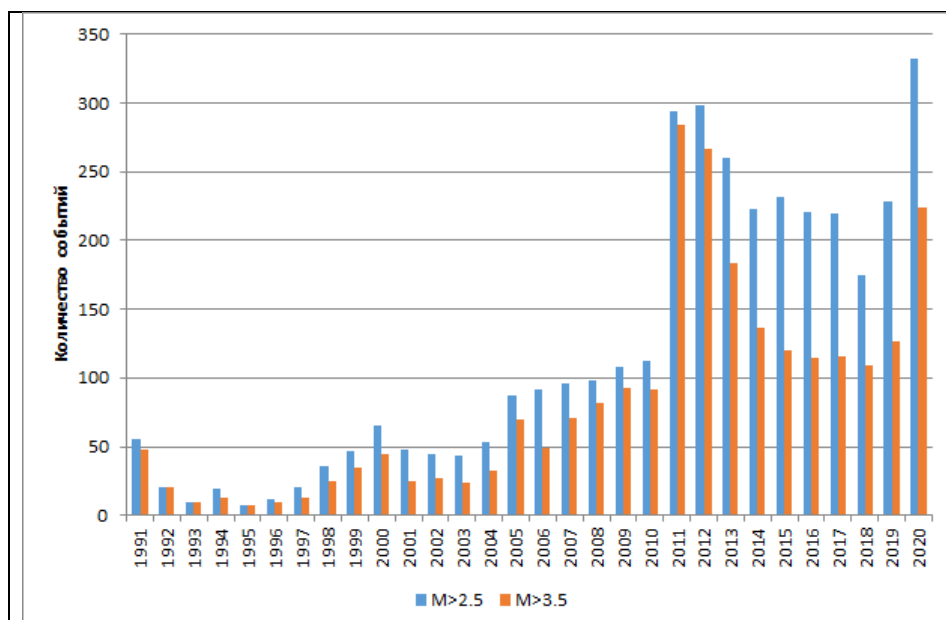


Рис. 16 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в зависимости от магнитуды в Анатолийско-Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг.

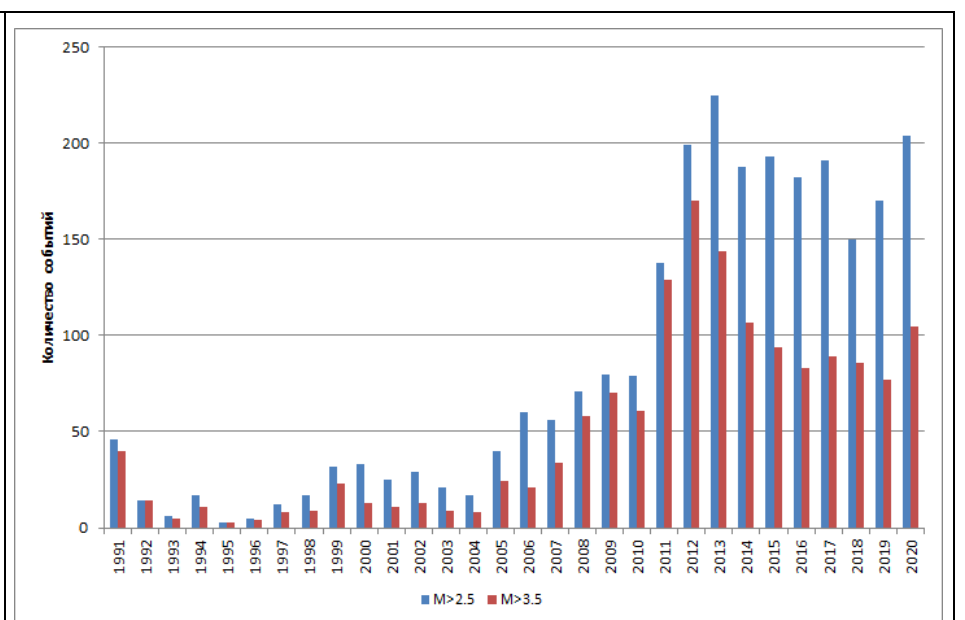


Рис. 17 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в зависимости от магнитуды в Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг.

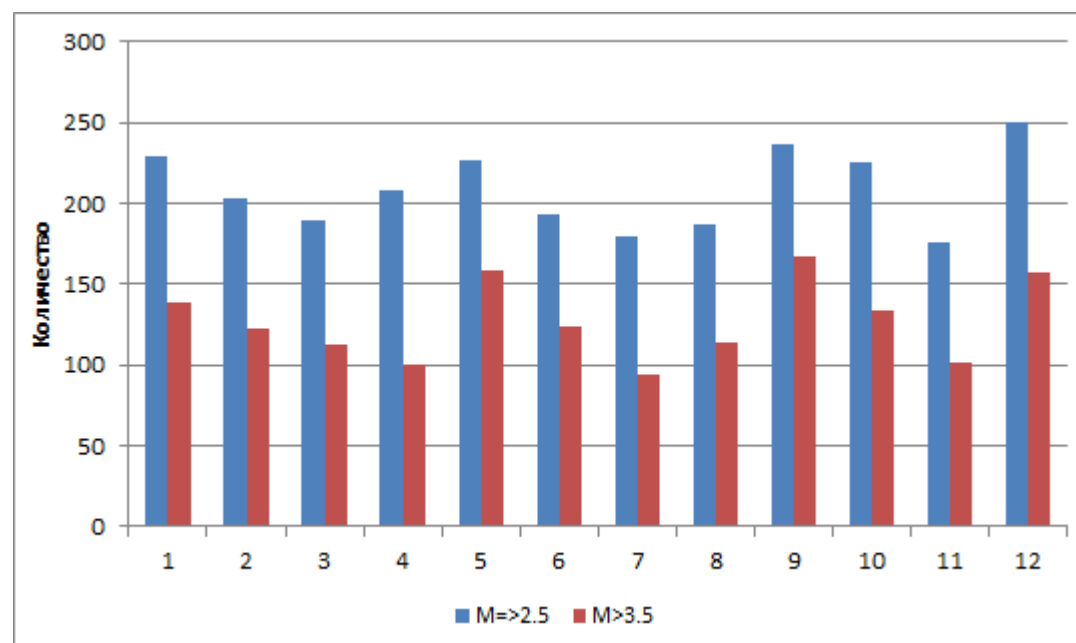


Рис. 18 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в Кавказском регионе в зависимости от магнитуды и месяца года с 1991 по 2020 гг.

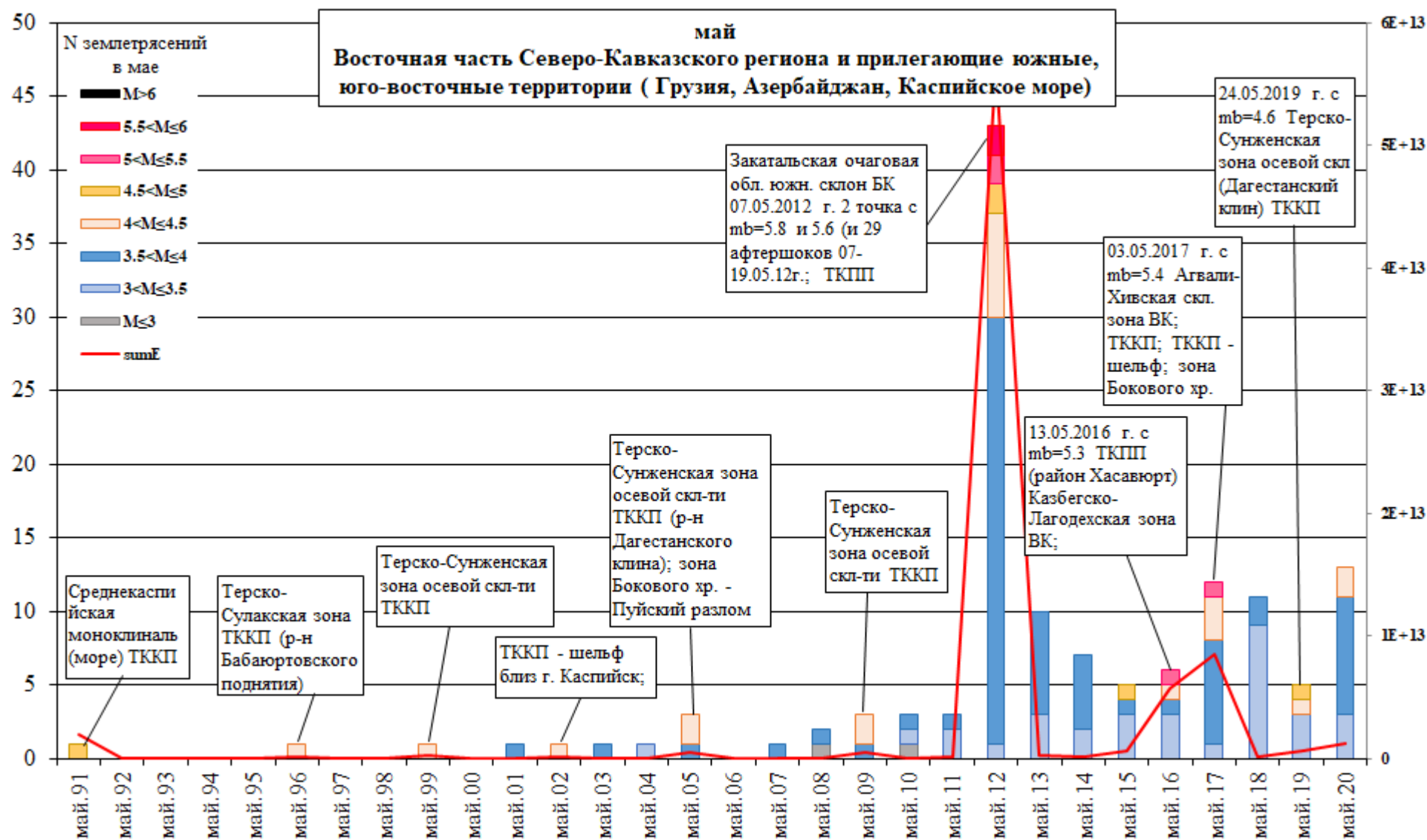


Рис. 19 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в мае конкретного года в период 1991-2020 гг., в Восточной части Северо-Кавказского региона, на прилегающих южных территориях и акватории Каспийского моря

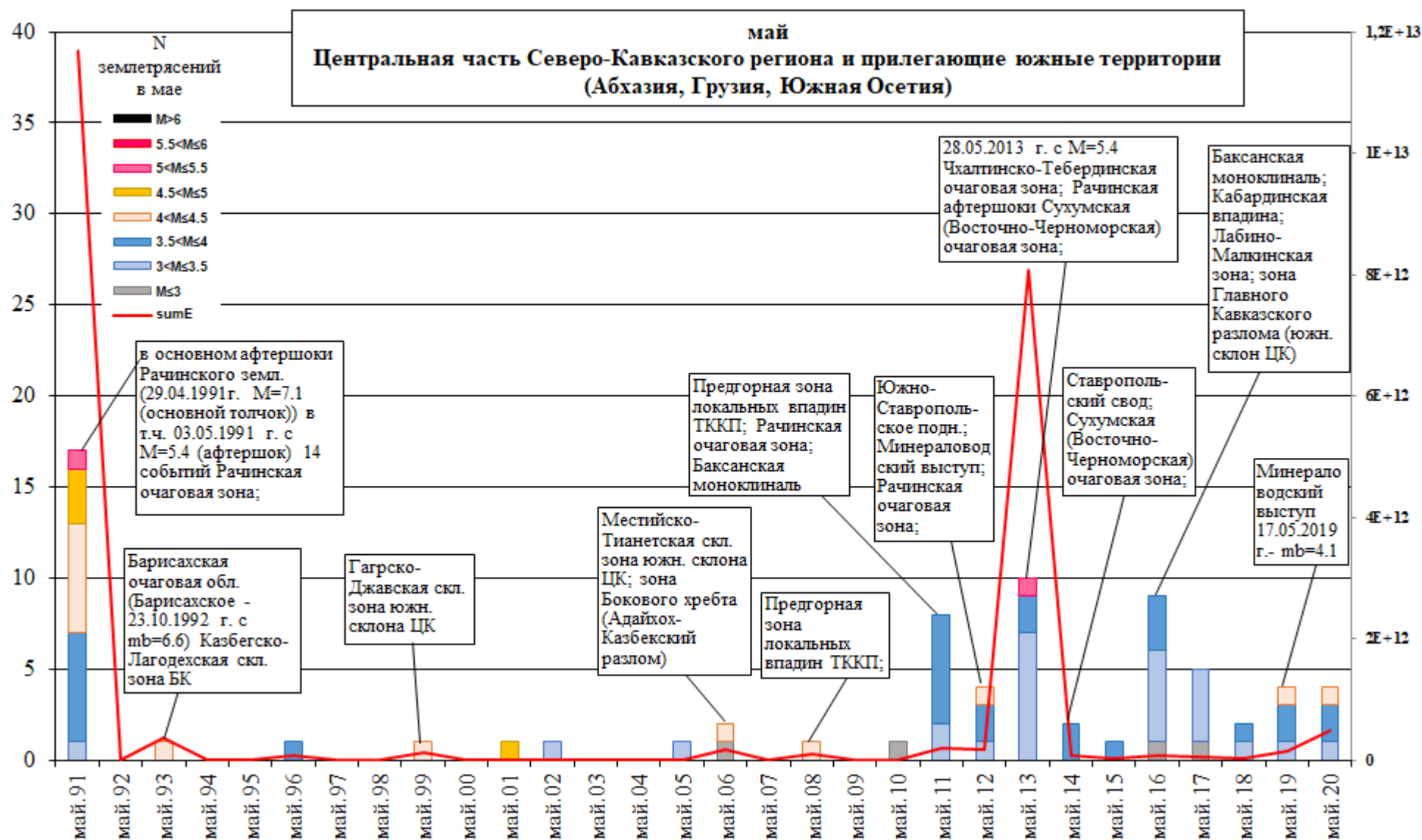


Рис. 20 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в мае конкретного года в период 1991-2020 гг., в Центральной части Северо-Кавказского региона и на прилегающих южных территориях





Рис. 21 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в мае конкретного года в период 1991-2020 гг., в Западной части Северо-Кавказского региона и прилегающей акватории Черного и Азовского морей



Из графического анализа сейсмического режима *Восточной части* Северо-Кавказского региона (рис. 19) в **мае** предыдущих лет, с учетом развития системы регистрации сети ССД ЕГС РАН, выделяется 2012 г. с наибольшим количеством землетрясений ( $N=43$ ) в связи с реализацией сильного Закатальского землетрясения и серии афтершоков ( $N=29$ ) и рассеянной сейсмичности слабой и умеренной энергии в Терско-Каспийском прогибе (в том числе в морской части), Бокового хребта и Агвали-Хивской зон складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа, в зоне моноклинали Известнякового Дагестана.

По данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН в периоды 1992-1995, 1997-1998, 2000, 2006 гг. не было зафиксировано ни одного землетрясения, видимо из-за низкой чувствительности сети наблюдений РАН в этот период. По имеющимся материалам для данного месяца цикличность относительного усиления сейсмической активности не фиксируется.

Анализ графика наиболее представительного (2012-2020 гг.) интервала каталога за последние годы (1991-2020 гг.), с учетом сезонного фактора, а также повышенной сейсмической активности в декабре 2020 г. и январе 2021 г., и относительно пониженной феврале-апреле 2021 г. позволяет предположить, что в **мае** 2021 г., количество вероятных сейсмических событий  $M$  до 5.5 в *Восточной части* Кавказского региона может быть выше среднееголетнего уровня для последних лет (8 землетрясений, без учета афтершоков Закатальского землетрясения), но вероятно не превысит значения самого активного года (13 событий).

Реализация большинства событий Восточной части Кавказа (1991-2020 гг.) происходила в основном в пределах впадин Терско-Каспийского (в том числе в его морской части) и в тектонических зонах Южного склона Восточного Кавказа (Казбегско-Лагодехская. Чиауро-Закатальская). В меньшей степени, в пределах складчато-глыбового сооружения Восточного Кавказа (Известнякового Дагестана, Агвали-Хивская и т.д.).

Высокая сейсмическая активность, зафиксированная в декабре 2020 г. и январе 2021 г. при относительном затишье в феврале-апреле 2021 г. (с учетом затишья с ноября 2020 г. в Закатальской очаговой области) в *Восточной части* Кавказского региона отражает повышенный уровень напряженности геологической среды, увеличивающий в среднесрочной перспективе вероятность реализации на Восточном Кавказе сейсмических событий высоких энергий.

Из графического анализа сейсмического режима *Центральной части* Кавказского региона в **мае** предыдущих лет (рис. 20) наибольшим количеством землетрясений характеризовался 1991 г. ( $N=17$ ), в связи с регистрацией серии афтершоков ( $N=14$ ) после реализации сильного Рачинского землетрясения (29.04.1991 г. -  $m_b=7.1$ ) на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Гагрско-Джавская зона прерывистой складчатости) в Рачинской очаговой области (в том числе толчка 03.05.1991 г. с  $m_b=5.4$ ). Еще одно событие повышенной энергии с ( $m_b=5.4$ ) было зафиксировано в 2013 г. в пределах Чхалтинско-Тебердинской очаговой области на южном фланге поднятия Главного хребта Центрального Кавказа.

По данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН в периоды 1992, 1994-1995, 1997-1998, 2000, 2003-2004, 2007, 2009 гг. не было зафиксировано ни одного землетрясения, видимо вследствие низкой чувствительности сети. В остальные годы наиболее представительного интервала наблюдений (2011-2020 гг.) **май** в *Центральной части* Северо-Кавказского региона характеризовался неравномерным сейсмическим режимом с реализацией от 1 до 10 событий (в среднем 5) с  $M$  до 5.5.

Реализация событий в Центральной части Кавказа происходила в основном на южных склонах складчато-глыбового поднятия Главного хребта Центрального Кавказа (Рача-Джавская и Онийская очаговые зоны), Минераловодского выступа и Южно-Ставропольского вала, а также вдоль западной границы Терско-Каспийского прогиба (Нальчикская шовная зона).

В *Центральной части* Кавказского региона, с учетом сейсмической активизации в марте-апреле в Онийско-Рача-Джавской очаговой области и участвовавшего проявления локальной сейсмичности (январь и март) в Чхалтинско-Тебердинско-Домбайской очаговой области, в среднесрочной перспективе повышается вероятность реализации сильного землетрясения на южном склоне Центрального Кавказа (в зоне влияния южной шовной границы Центрально-Кавказского кристаллического массива).

При этом, в краткосрочной перспективе, количество сейсмических событий в *Центральной части* Кавказского региона в **мае** 2021 г., с учетом сезонного фактора и текущего сейсмического режима, может быть выше среднемноголетних значений сейсмичности последних лет (2011-2020 гг. -5 землетрясений), но скорее всего не превысит значений самого активного года (10 событий).

Ретроспективный анализ для *Западной части* Северо-Кавказского региона, показывает неравномерность распределения количества сейсмических событий в **апреле** за последние 30 лет. Из графического анализа (рис. 21) сейсмического режима Западной части Северо-Кавказского региона видно, что в **мае** предыдущих лет по данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН в периоды 1991-1992, 1994-1997, 1999-2002, 2004-2006, 2008-2010, 2019+2020 гг. не было зафиксировано ни одного землетрясения. При этом, наибольшим количеством землетрясений характеризовались 1998 г. (N=3).

Самое сильное землетрясение в мае прошлых лет (1991-2019 гг.) для *Западной части* Северо-Кавказского региона было зарегистрировано в 2012 г. Землетрясение относительно высокой для района энергии ( $m_b=4.3$ ) 30.05.2012 г. реализовалось в пределах Чвежипсинской складчатой (в районе Сочинского полигона).

Учитывая повышенную сейсмическую активность для *Западной части* Северо-Кавказского региона, проявившуюся во второй половине 2020 г. (при затишье в январе и феврале 2021 г.) и текущую активизацию в марте-апреле 2021 г., прогнозируется проявление сейсмичности и в **мае** 2021 г. При этом, количество событий для *Западной части* Северо-Кавказского региона скорее всего не превысит уровня фоновых значений за 30 лет (0-2).

В тектоническом отношении, в соответствие со схемой тектонического районирования Северного Кавказа альпийского этапа, проявление землетрясений *Западной части* Северо-Кавказского региона наиболее вероятно, в пределах структур Туапсинского прогиба, Новороссийско-Лазаревской и Чвежипсинской зон на суше и в акватории Черного моря.

Пространственное положение сейсмичности, зафиксированной в **мае** по данным ССД ЕГС РАН на рассматриваемой территории Предкавказья, Большого Кавказа и прилегающих акваториях Азовского, Чёрного и Каспийского морей, Закавказья, в период 1991-2020 гг. относительно элементов тектонического районирования Северного Кавказа показано на рис. 22..



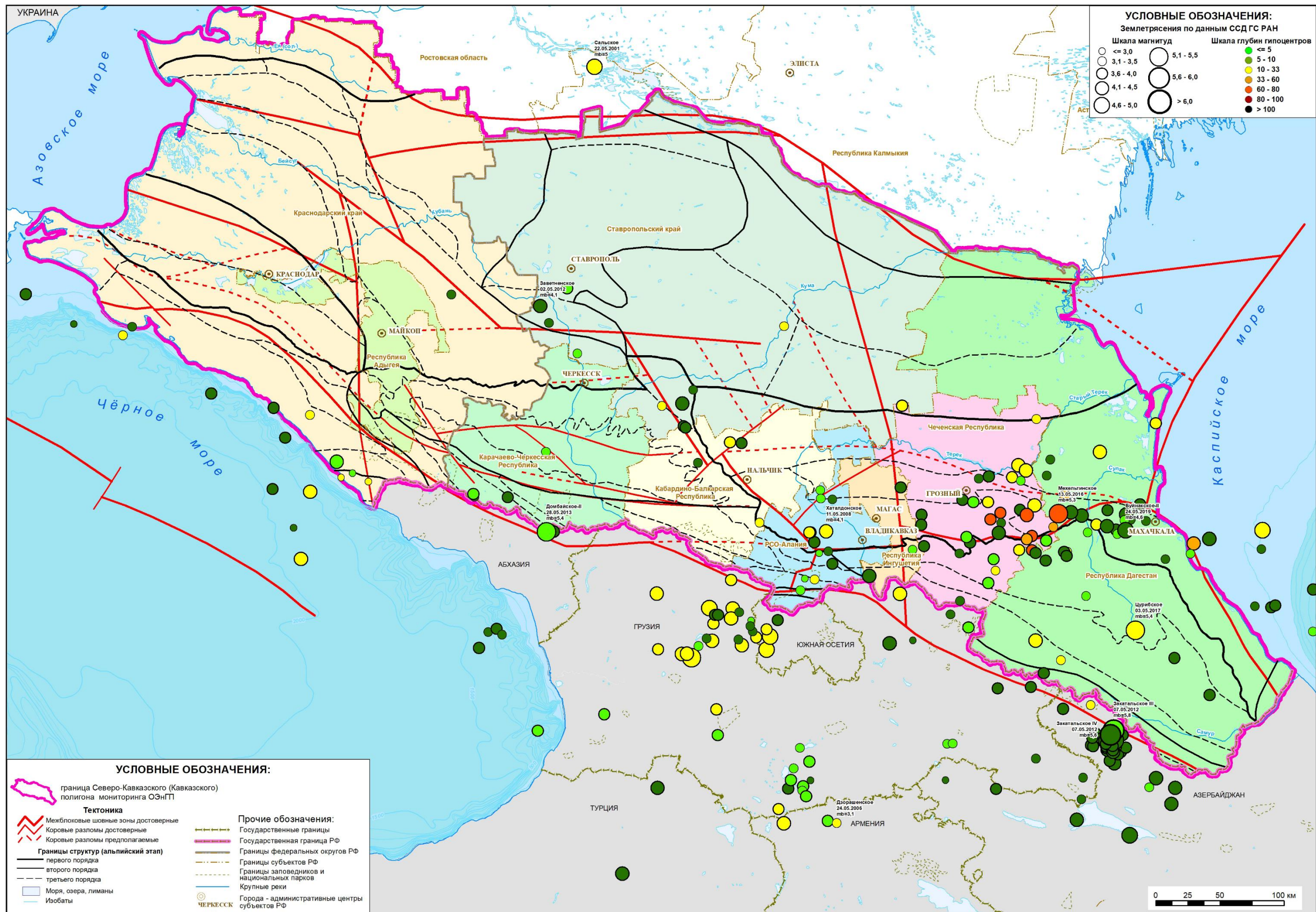


Рис. 22 Карта-схема сейсмичности, зафиксированной в мае по данным каталога ССД ЕГС РАН за период с 1991-2020 гг. относительно элементов тектонического районирования Северного Кавказа



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В апреле 2021 г. проводился мониторинг гидрогеодеформационного поля по 19 скважинам, мониторинг геофизических и газо-гидрогеохимического полей на Северо-Кавказском полигоне. Выполнена оценка сейсмогеодинамического состояния сейсмоопасных регионов территории Северо-Кавказского и Южного федеральных округов.

По результатам комплексного анализа имеющихся данных ГГД-мониторинга и данных геофизических и газо-гидрогеохимических наблюдений, а также анализа сейсмического режима на **01.05.2021 г.** текущее сейсмогеодинамическое состояние геологической среды всего Северо-Кавказского сейсмоактивного региона оценивается как *умеренно аномальное слабо активизированное*.

По данным сейсмических наблюдений ССД ЕГС РАН и EMSC, а также сейсмического мониторинга локальных наблюдательных сетей филиала «Южный региональный центр ГМСН» в **апреле 2021 г.** на рассматриваемой территории Предкавказья, Большого Кавказа и прилегающих акваториях Азовского, Чёрного и Каспийского морей было зафиксировано 14 землетрясений очень слабых, слабых и умеренных энергий, с магнитудами (mb) от 2.2 до 4.0.

Большинство сейсмических событий на рассматриваемой территории Кавказа произошло в *Восточной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа) было зафиксировано 9 землетрясений (1 по данным локальной сети) очень слабых, слабых и умеренных энергий с магнитудами (mb) от 2.5 до 4.0, при этом на территории *Восточной части* Северного Кавказа (8 событий).

В *Центральной части* Кавказского региона в апреле было зафиксировано 4 землетрясения (1 по данным локальной сети) очень слабых, слабых энергий с магнитудами (mb) от 2.2 до 3.5. Сейсмическая активность проявилась в пределах *Центральной части* территории Предкавказья (1 событие), складчато-глыбового поднятия *Центрального* Кавказа (3 события), в том числе 2 на территории *Центральной части* Северного Кавказа.

В пределах *Западной части* Кавказского региона (территория Предкавказья, складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающие акватории Черного и Азовского морей), в апреле 2021 г. было зарегистрировано 2 землетрясения слабой энергии (mb=3.3 и mb=3.5), реализовавшееся в акватории Черного моря (близ г. Анапа) на границе Чвежипсинской (море) складчатой зоны и Туапсинского прогиба (в зоне влияния Воронцовского (Приморского) корового разлома).

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле 2021 г.** (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря было немного ниже среднемноголетнего уровня для последних лет (10 событий), при фоновых значениях выделившей сейсмической энергии для территории *Восточной части* Кавказа. При этом, в отчетном месяце отмечается продолжение (с ноября 2020 г.) режима относительного сейсмического затишья на южном склоне складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа (Закатальская очаговая область).

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле 2021 г.** (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») на территории *Центральной части* территории Кавказа было несколько ниже уровне среднемноголетних значений сейсмичности последних лет (5 землетрясений), при фоновых значениях выделившейся суммарной сейсмической энергии. При этом надо отметить продолжение сейсмической активности на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Рача-Джавско-Онийская очаговая область) в связи с реализацией серии из 2-х землетрясений слабой энергии.

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **апреле 2021 г.** (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») для *Западной части* региона (территория Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающая акватория Черного и Азовского морей), было на уровне среднемноголетних значений сейсмичности, при фоновых значениях выделившейся сейсмической энергии.

При этом, надо отметить что в отчетном месяце, на сопредельных территориях режим сейсмического затишья зафиксирован в пределах тектонических зон складчато-глыбового сооружения Малого Кавказа. Проявление афтершокового процесса фиксировалось здесь в феврале-марте после реализации относительно сильного землетрясения (05.02.2021 г. -  $m_b=5.0$ ) на территории Армении (район оз. Севан), на границе Сомхето-Карабахской и Севано-Акеринской тектонических зон складчато-глыбового сооружения Малого Кавказа (в зоне влияния т.н. Севанской офиолитовой шовной зоны).

Анализ ежедекадных трендов ГГД поля, построенного по имеющимся данным, показал, что на территории Северо-Кавказского региона в апреле 2021 г. реализация сейсмических событий слабых и до умеренных энергий происходила преимущественно в условиях сжатия геологической среды (в пределах расчетного поля ПНГС). В целом по региону устойчивые области с напряжениями сжатия наблюдаются в западной и юго-восточной (зоны разломов 1-го порядка и шовных зон) частях региона, в том числе до максимальных значений на фоне проявления сезонности.

Оценка степени сейсмической опасности на **апрель** 2021 г., выполненная в предыдущем месяце, в целом, подтвердилась. Для *Западного, Центрального и Восточного* сегментов сейсмическая активность слабых и умеренных энергий не превысила уровня прогнозируемых значений. Оправдался прогноз о наибольшем проявлении сейсмического процесса, в *Восточном* сегменте Большого Кавказа (от меридиана Владикавказа до шельфа Каспийского моря – 49°).

Из результатов ретроспективного анализа сейсмического режима за последние 30 лет следует, что в **мае** 2021 г. на фоне сезонного роста (по сравнению с апрелем), сейсмическая активность наиболее вероятна в *Восточном* сегменте Большого Кавказа (от меридиана Владикавказа до шельфа Каспийского моря – 49°) и *Центральном* сегменте Большого Кавказа (от меридиана Сочи - 40,0 °, до меридиана Владикавказа – 45°), с реализацией землетрясений преимущественно слабых и умеренных энергий.

По результатам комплексного анализа имеющихся данных ГГД-мониторинга и данных геофизических и газо-гидрогеохимических наблюдений за **апрель** 2021 г. и оценки *степени сейсмической опасности* на **май** 2021 г. прогнозируется сохранение *умеренно-аномального активизированного* режима сейсмической активности в пределах всего Северо-Кавказского региона.

С учетом сезонного фактора, а также повышенной сейсмической активности в декабре 2020 г. и январе 2021 г., и относительно пониженной феврале-апреле 2021 г. позволяет предположить, что в **мае** 2021 г., количество вероятных сейсмических событий  $M$  до 5.5 в *Восточной части* Кавказского региона может быть выше среднесноголетнего уровня для последних лет (8 землетрясений, без учета афтершоков Закатальского землетрясения), но вероятно не превысит значения самого активного года (13 событий). Продолжительное сейсмическое затишье (с ноября 2020 г.) в Закатальской очаговой области в *Восточной части* Кавказского региона увеличивает в среднесрочной перспективе вероятность реализации на Восточном Кавказе сейсмических событий высоких энергий.

В *Центральной части* Кавказского региона, с учетом сейсмической активизации в марте-апреле в Онийско-Рача-Джавской очаговой области и участвовавшего проявления локальной сейсмичности (январь и март) в Чхалтинско-Тебердинско-Домбайской очаговой области, в среднесрочной перспективе повышается вероятность реализации сильного землетрясения на южном склоне Центрального Кавказа (в зоне влияния южной шовной границы Центрально-Кавказского кристаллического массива).

При этом, в краткосрочной перспективе, количество сейсмических событий в *Центральной части* Кавказского региона в **мае** 2021 г., с учетом сезонного фактора и текущего сейсмического режима, может быть выше среднесноголетних значений сейсмичности последних лет (2011-2020 гг. - 5 землетрясений), но скорее всего не превысит значений самого активного года (10 событий).

Учитывая повышенную сейсмическую активность для *Западной части* Северо-

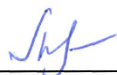
Кавказского региона, проявившуюся во второй половине 2020 г. (при затишье в январе и феврале 2021 г.) и текущую активизацию в марте-апреле 2021 г., прогнозируется проявление сейсмичности и в **мае** 2021 г. При этом, количество событий для *Западной части* Северо-Кавказского региона скорее всего не превысит уровня фоновых значений за 30 лет (0-2).

Ведущий специалист ОМЭНГП



С. С. Малофеева

Ведущий специалист ОМЭНГП



Л.Л. Круткин