

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

с оценкой сейсмогеодинамического состояния недр и степени сейсмической
опасности Северо-Кавказского региона

за январь 2021 г.

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

Ессентуки, февраль 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	5
1. Сейсмическая обстановка на территории Северо-Кавказского сейсмоактивного региона в январе 2021 г.....	5
2. Оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона по данным мониторинга гидрогеодеформационного поля.....	18
3. Оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона по данным мониторинга геофизических и газо-гидрогеохимического полей.....	30
4. Комплексная оценка сейсмогеодинамического состояния недр Северо-Кавказского сейсмоактивного региона	35
4.1 Оценка степени сейсмической опасности на февраль 2021 г.	38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	44

СПИСОК РИСУНКОВ В ТЕКСТЕ

Рис. 1 Схема сети мониторинга опасных эндогенных геологических процессов по состоянию на 31.01.2021 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 01.01.2021 г. по 31.01.2021 г. на основе схемы глубинного строения Северного Кавказа	10
Рис. 5 Карта-схема сейсмичности по предварительным данным каталога EMSC в период с 01.01.2021 г. по 31.01.2021 г. на основе схемы глубинного строения Северного Кавказа.....	11
Рис. 6 Ежедекадные тренды гидрогеодеформационного поля Северо-Кавказского региона в январе 2021 г.	21
Рис. 7 Схема наблюдательной сети ГГД мониторинга по состоянию на 31.01.2021 г. на основе карты гидрогеологического районирования территории РФ (территория ЮФО и СКФО), актуализированной на 01.01.2016 г. (ВСЕГИНГЕО, 2015 г.)	23
Рис. 8 Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (суточные приведенные амплитуды УПВ) параметров по скв. 3060, 3003, 71 за период декабрь-январь 2021 г.	26
Рис. 9 Вариации наблюдаемых и расчетных параметров по скв. 3005 за период 15.12.2020-05.02.2021 г. и по скв. 3022 за период 30.12.2020-05.02.2021 г. с сейсмичностью в радиусе до 160-200 км от пунктов наблюдений	27
Рис. 10 Поля напряженности геологической среды (ГГД поле), построенные по ежесуточным данным приведенных амплитуд УПВ (расчет по минимальным и максимальным, и среднесуточным данным УПВ) в сопоставлении с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН и EMSC за период 01.01-03.01.2021 г.	28
Рис. 11 Графики вариаций наблюдаемых параметров по скв. 3052 за период 25.12.2020-05.02.2021 г. в сопоставлении с сейсмичностью в радиусе до 120 км от пунктов наблюдений	28
Рис. 12 Комплексный график вариаций ЭМИ (ЕИЭМПЗ) в период с 01.01.2021 г. по 09.02.2020 г.	30
Рис. 13 Вариации ОАР по пунктам Каткова Щель (Краснодарский кр.) за период 28.12.2020-31.01.2021 г. и 1-ЮРЦ (г. Ессентуки) за период 01.01-31.01.2021 г. в сопоставлении с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН и EMSC	33
Рис. 14 Графики количества и суммарной энергии землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в январе конкретного года в период 1991-2020 гг., в	

Западной, Центральной и Восточной частях Северо-Кавказского региона и прилегающих территориях	36
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.	38
Рис. 16 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в зависимости от магнитуды в Анатолийско-Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг.	38
Рис. 17 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в зависимости от магнитуды в Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг.	38
Рис. 18 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в Кавказском регионе в зависимости от магнитуды и месяца года с 1991 по 2020 гг.	38
Рис. 19 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в феврале конкретного года в период 1991-2020 гг., в Восточной части Северо-Кавказского региона, на прилегающих южных территориях и акватории Каспийского моря	39
Рис. 20 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в феврале конкретного года в период 1991-2020 гг., в Центральной части Северо-Кавказского региона и прилегающих южных территориях	40
Рис. 21 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в феврале конкретного года в период 1991-2020 гг., в Западной части Северо-Кавказского региона и прилегающей акватории Черного и Азовского морей ...	41
Рис. 22 Карта-схема сейсмичности, зафиксированной в феврале по данным каталога ССД ЕГС РАН за период с 1991-2020 гг. относительно элементов тектонического районирования Северного Кавказа	44

СПИСОК ТАБЛИЦ В ТЕКСТЕ

Таблица 1 Предварительный каталог землетрясений Северо-Кавказского региона и сопредельных территорий по данным ССД ЕГС РАН (г. Обнинск) с 01.01.2021 г. по 31.01.2021 г.	12
Таблица 2 Предварительный каталог землетрясений Северо-Кавказского региона и сопредельных территорий по данным EMSC (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр) с 01.01.2021 г. по 31.01.2021 г.	14
Таблица 3 Анализ среднемесячных многолетних данных УПВ по скважинам сети ГГД мониторинга за январь периода 1990-2019 гг. и текущего января 2020 г.	22

ВВЕДЕНИЕ

Работы в январе 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» №049-00016-20-00-ЮФ на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годов, утвержденному генеральным директором ФГБУ «Гидроспецгеология» 25.12.2019 г. и № 049-00016-20-02-ЮФ от 15.10.2020 г., в соответствии с Техническим (геологическим) заданием.

Источник финансирования: Федеральный бюджет Российской Федерации.

Целевым назначением работ является:

Оценка 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 январе 2020 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 январе 2021 г.

По предварительным данным оперативного каталога Службы срочных донесений Единой геофизической службы РАН (далее ССД ЕГС РАН, г. Обнинск) в январе (по состоянию на 01.02.2021 г.) на рассматриваемой территории Предкавказья, Большого Кавказа и прилегающих акваториях Азовского, Чёрного и Каспийского морей было зафиксировано 20 землетрясений слабых, умеренных и сильных энергий, с магнитудами (m_b) от 3.1 до 4.8 (рис. 4, табл. 1).

По данным каталога ССД ЕГС РАН гипоцентры большинства событий, зарегистрированных в январе на территории Большого Кавказа и Предкавказья, располагались в верхней части земной коры (5-20 км). В отчетный период три относительно глубокофокусных землетрясения были зарегистрированы 02.01.2021 г. ($m_b=4.2$; $h=60$ км) в пределах Дивичинского прогиба, 07.01.2021 г. ($m_b=3.8$; $h=50$ км) в зоне Известнякового Дагестана и 08.01.2021 г. ($m_b=3.8$; $h=100$ км) в Терско-Сулакской зоне на северном фланге Терско-Каспийского прогиба.

Согласно данным ССД ЕГС РАН (рис. 4, табл. 1) основная сейсмическая активность в январе проявилась в пределах *Восточной части* рассматриваемой территории (15 землетрясений), в пределах Восточного Предкавказья (9 событий), складчато-глыбового поднятие Восточного Кавказа (5 событий), в прилегающей акватории Каспийского моря (1 событие).

В пределах *Восточной части* рассматриваемой территории в отчетном месяце сейсмическая активизация началась землетрясением сильной энергии ($m_b=4.8$), реализовавшимся 02.01.2021 г. на юго-востоке территории Республики Дагестан, на границе зоны Восточно-Дагестанской моноклинали и Избербаш-Дербентской складчатой зоны Терско-Каспийского прогиба (в зоне влияния восточной шовной зоны Восточно-Кавказского кристаллического массива).

В эти же сутки, через 16 часов (02.01.2021 17:34:22), сейсмичность слабой энергии ($m_b=3.3$), проявилась уже на территории Чеченской Республики, близ южной границы Предгорной зоны локальных впадин Терско-Каспийского прогиба, на северо-западном фланге Восточно-Кавказского кристаллического массива (в зоне влияния северной шовной границы массива). Через 2 часа (02.01.2021 19:25:46) в этой области (уже на территории Республики Ингушетия) был зафиксирован еще один толчок слабой энергии ($m_b=3.4$), приуроченный к восточному флангу моноклинали Скалистого хребта. Затем (02.01.2021 22:07:03) сейсмичность вновь проявилась на юго-востоке Республики Дагестан (близ границы с Азербайджаном), на границе Избербаш-Дербентской складчатой зоны и Дивичинского прогиба. Продолжение сейсмичности в данной области было зафиксировано в связи с реализацией 04.01.2021 г. слабого землетрясения ($m_b=3.5$).

Затем, 07.01.2021 г. относительно глубокофокусное событие умеренной энергии ($m_b=3.8$; $h=50$ км) реализовалось в центральной части зоны Известнякового Дагестана.

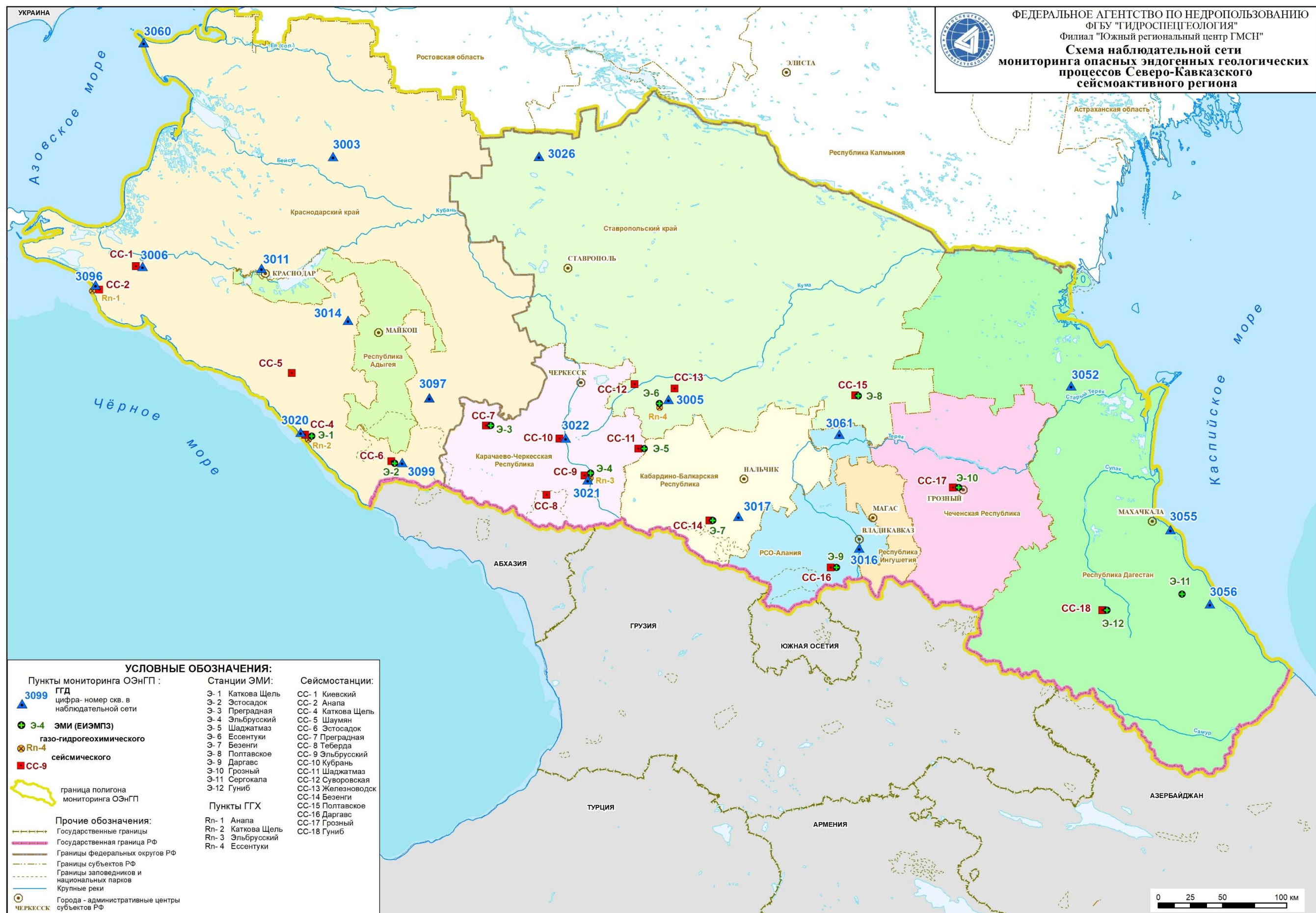


Рис. 1 Схема сети мониторинга опасных эндогенных геологических процессов по состоянию на 31.01.2021 г.

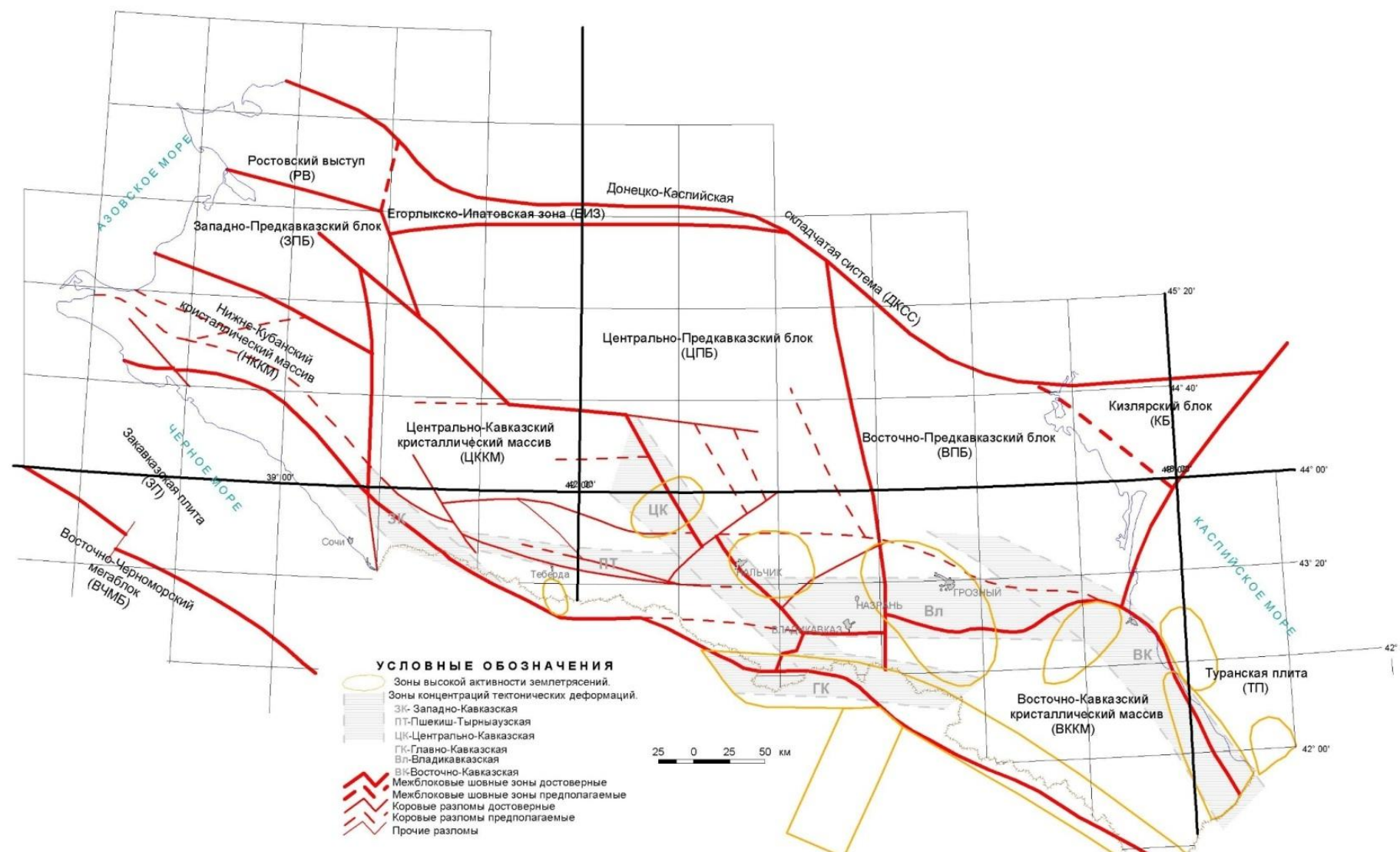


Рис. 2 Схема глубинного строения Северного Кавказа (Греков И. И., Лаврищев В.А, 2009)

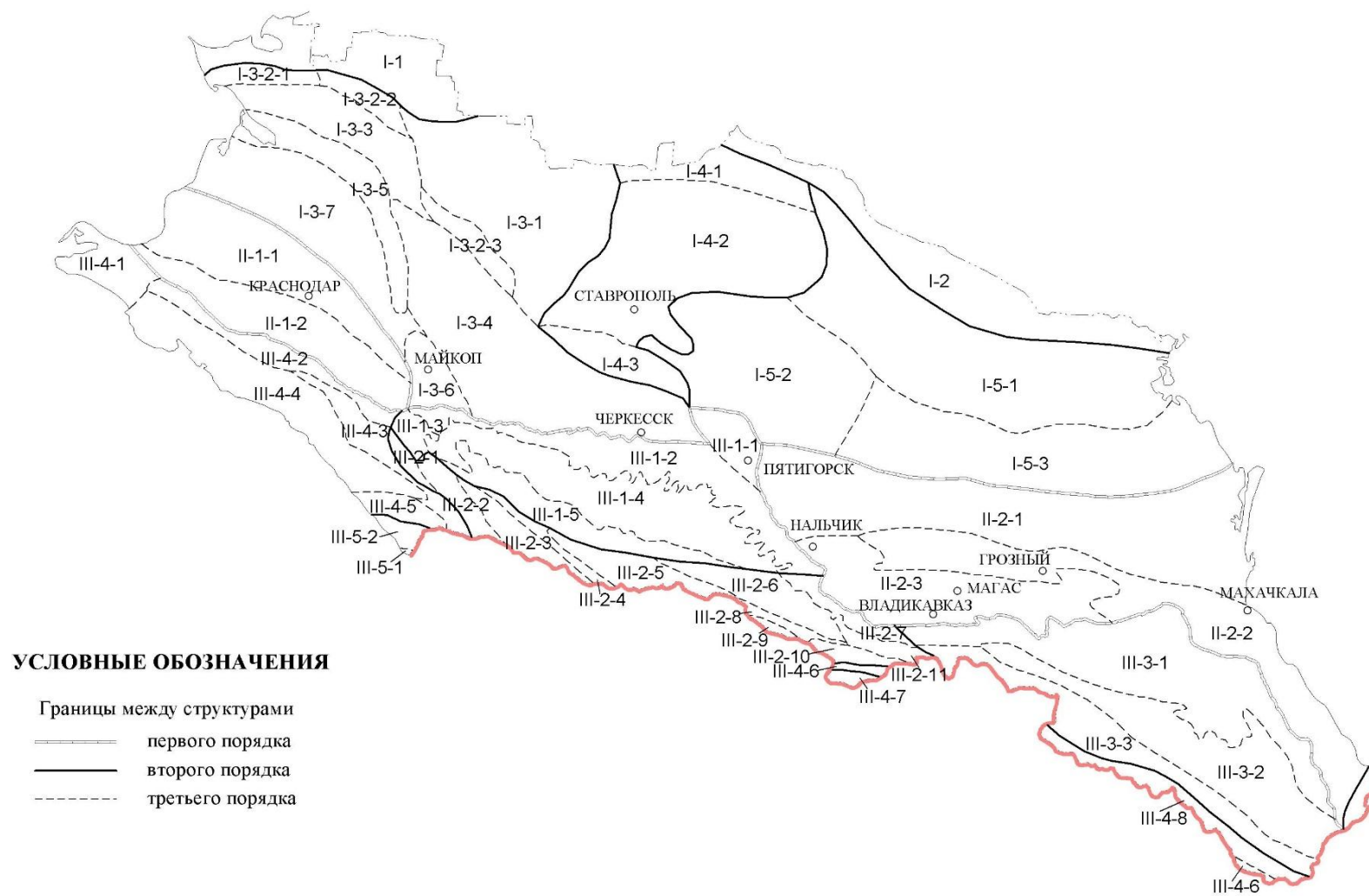


Рис. 3 Схема тектонического районирования Северного Кавказа (альпийский этап) по И.И. Грекову, Г.И. Баранову (1999 г.)

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

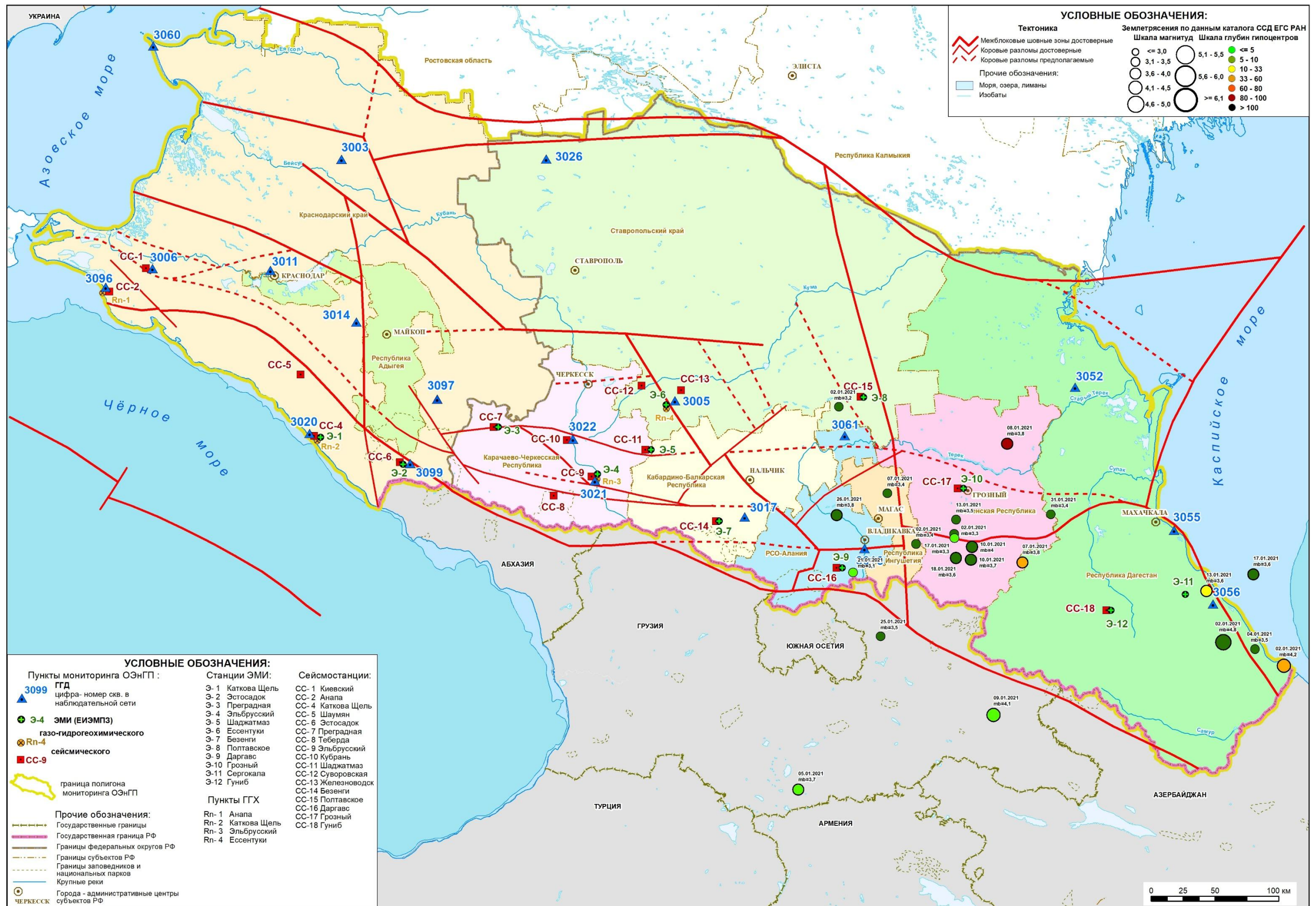


Рис. 4 Карта-схема сейсмичности по предварительным данным ССД ЕГС РАН в период с 01.01.2021 г. по 31.01.2021 г. на основе схемы глубинного строения Северного Кавказа

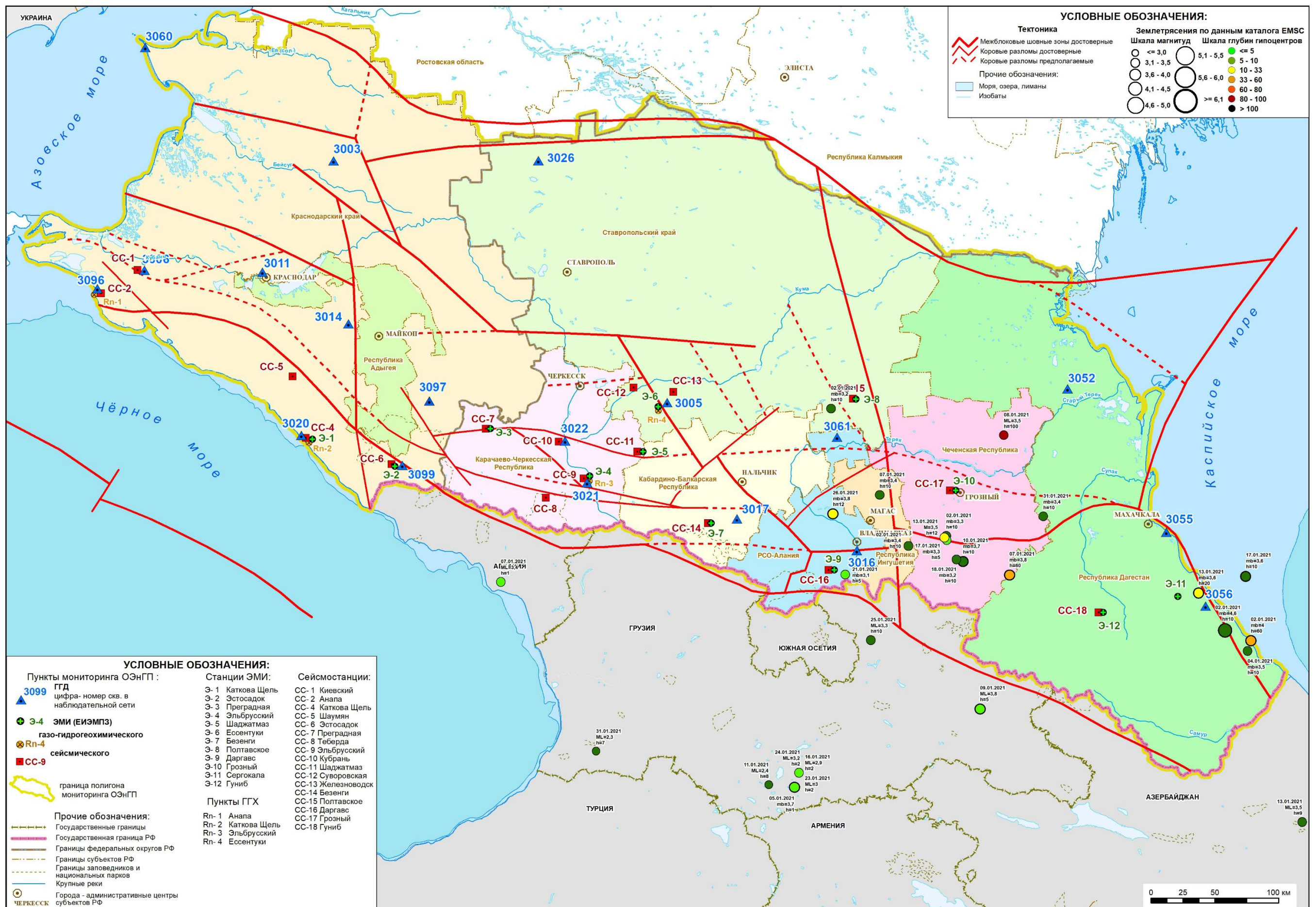


Рис. 5 Карта-схема сейсмичности по предварительным данным каталога EMSC в период с 01.01.2021 г. по 31.01.2021 г. на основе схемы глубинного строения Северного Кавказа

Таблица 1

**Предварительный каталог землетрясений Северо-Кавказского сейсмоактивного региона и сопредельных территорий
по данным ССД ЕГС РАН (г. Обнинск) с 1 по 31 января 2021 г.**

№ п/ п	Дата	Время	Lat	Long	Глу- бина	Маг- нит уда	Io	Расстояние от эпицентра землетрясения до ближайших скважин	Субъект РФ и др.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Центральная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа									
1	02.01.2021	22:30:44	43,97	44,51	10	3,2	-	R(3061)=23 км, R(3016)=112 км, R(3017)=113 км, Rвл = 24 км	Ставропольский край
2	07.01.2021	11:26:58	43,34	44,92	10	3,4	-	R(3016)=46 км, R(3061)=56 км, R(3017)=111 км, R(3052)=167 км, Rвл = 30 км	Республика Ингушетия
3	21.01.2021	10:51:59	42,8	44,54	5	3,1	-	R(3016)=21 км, R(3017)=94 км, R(3061)=107 км, Rвл = 22 км	Республика Северная Осетия-Алания
4	25.01.2021	00:12:35	42,34	44,76	10	3,5	-	R(3016)=70 км, R(3017)=140 км, R(3061)=159 км, Rвл = 33 км	Грузия
5	26.01.2021	13:34:32	43,21	44,42	10	3,8	2.5-3	R(3016)=34 км, R(3061)=63 км, R(3017)=71 км, R(3005)=154 км, R(3021)=187 км, R(3052)=210 км, R(3022)=212 км, R(3029)=222 км, Rвл = 44 км	Республика Северная Осетия-Алания
Восточная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, прилегающая акватория Каспийского моря									
1	02.01.2021	01:05:53	42,09	47,98	10	4,8	4,5-5	R(3056)=31 км, R(3055)=95 км, R(3013)=124 км, R(3052)=229 км, R(3016)=282 км, R(3061)=332 км, R(3017)=378 км, Rвл = 120 км	Республика Дагестан
2	02.01.2021	17:34:22	43,02	45,53	10	3,3	-	R(3016)=69 км, R(3061)=114 км, R(3052)=148 км, R(3013)=156 км, R(3017)=161 км, Rвл = 27 км	Чеченская Республика
3	02.01.2021	19:25:46	42,97	45,16	10	3,4	-	R(3016)=39 км, R(3061)=101 км, R(3017)=133 км, R(3052)=173 км, R(3013)=186 км, Rвл = 30 км	Республика Ингушетия
4	02.01.2021	22:07:03	41,88	48,52	60	4,2	-	R(3056)=72 км, R(3055)=135 км, R(3013)=163 км, R(3052)=269 км, R(3016)=331 км, R(3061)=380 км, Rвл = 66 км	Республика Дагестан
5	04.01.2021	08:40:01	42,02	48,27	10	3,5	-	R(3056)=47 км, R(3055)=111 км, R(3013)=140 км, R(3052)=246 км, Rвл = 33 км	Республика Дагестан
6	07.01.2021	09:49:32	42,78	46,16	50	3,8	-	R(3013)=113 км, R(3055)=118 км, R(3016)=121 км, R(3052)=143 км, R(3056)=148 км, R(3061)=169 км, R(3017)=216 км, Rвл = 44 км	Республика Дагестан
7	08.01.2021	13:56:37	43,62	46,11	100	3,8	-	R(3052)=69 км, R(3013)=121 км, R(3061)=126 км, R(3016)=137 км, R(3055)=145 км, R(3056)=201 км, R(3017)=210 км, Rвл = 44 км	Чеченская Республика
8	10.01.2021	20:07:35	42,92	45,69	10	4.0	3	R(3016)=82 км, R(3061)=131 км, R(3013)=145 км, R(3052)=148 км, R(3055)=155 км, R(3017)=176 км, R(3056)=189 км, R(2-ю)=243 км, R(3005)=256 км, Rвл = 54 км	Чеченская Республика

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	10.01.2021	20:13:15	42,83	45,67	10	3,7	2-2.5	R(3016)=82 км, R(3061)=137 км, R(3013)=149 км, R(3052)=157 км, R(3055)=157 км, R(3017)=177 км, R(3056)=187 км, R _{ВЛ} = 40 км	Чеченская Республика
10	13.01.2021	19:08:01	42,46	47,87	20	3,6	-	R(3056)=11 км, R(3055)=53 км, R(3013)=82 км, R(3052)=188 км, R _{ВЛ} = 36 км	Республика Дагестан
11	13.01.2021	23:06:35	43,12	45,56	10	3,5	-	R(3016)=74 км, R(3061)=108 км, R(3052)=138 км, R(3013)=153 км, R(3017)=162 км, R(3055)=167 км, R _{ВЛ} = 33 км	Чеченская Республика
12	17.01.2021	14:05:08	42,54	48,33	10	3,6	2-2.5	R(3056)=38 км, R(3055)=70 км, R(3013)=96 км, R(3052)=200 км, R _{ВЛ} = 36 км	Каспийское море
13	17.01.2021	22:24:34	42,99	45,53	5	3,3	2-2.5	R(3016)=69 км, R(3061)=116 км, R(3052)=150 км, R(3013)=157 км, R(3017)=162 км, R(3055)=168 км, R _{ВЛ} = 27 км	Чеченская Республика
14	18.01.2021	11:37:29	42,85	45,53	10	3,6	2-2.5	R(3016)=70 км, R(3061)=128 км, R(3013)=159 км, R(3052)=162 км, R(3017)=165 км, R(3055)=168 км, R(3056)=199 км, R _{ВЛ} = 36 км	Чеченская Республика
15	31.01.2021	17:43:02	43,1	46,47	10	3,4	-	R(3013)=81 км, R(3055)=95 км, R(3052)=101 км, R(3056)=142 км, R(3016)=145 км, R(3061)=170 км, R _{ВЛ} = 30 км	Республика Дагестан
территория Закавказья									
1	05.01.2021	22:26:09	41,3	43,9	2	3,7	4.5-5	R(3016)=195 км, R(3017)=217 км, R(3061)=279 км, R(3021)=287 км, R _{ВЛ} = 40 км	Грузия
2	09.01.2021	04:59:59	41,73	45,77	5	4,1	4-4.5	R(3016)=163 км, R(3056)=186 км, R(3055)=198 км, R(3013)=208 км, R(3017)=245 км, R(3061)=246 км, R(3052)=263 км, R _{ВЛ} = 60 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 31 января 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
Центральная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа,									
1	02.01.2021	22:30:44	43,97	44,51	10	3,2	mb	R(3061)=23 км, R(3016)=112 км, R(3017)=113 км, R(2-ю)=121 км, R(3005)=128 км, R(5)=139 км, R(3029)=150 км, R(3052)=185 км, R(3021)=196 км, Rвл = 24 км	Ставропольский край
2	07.01.2021	11:26:58	43,34	44,92	10	3,4	mb	R(3016)=46 км, R(3061)=56 км, R(3017)=111 км, R(3052)=167 км, R(2-ю)=167 км, R(3005)=180 км, R(5)=191 км, Rвл = 30 км	Республика Ингушетия
3	21.01.2021	10:51:59	42,8	44,54	5	3,1	mb	R(3016)=21 км, R(3017)=94 км, R(3061)=107 км, R(2-ю)=176 км, Rвл = 22 км	Республика Северная Осетия-Алания
4	25.01.2021	00:12:34	42,33	44,74	10	3,3	ML	R(3016)=71 км, R(3017)=139 км, R(3061)=160 км, R(2-ю)=226 км, Rвл = 27 км	Грузия
5	26.01.2021	13:34:32	43,23	44,46	12	3,8	mb	R(3016)=34 км, R(3061)=60 км, R(3017)=74 км, R(2-ю)=140 км, R(3005)=155 км, R(5)=165 км, R(3021)=190 км, R(3052)=206 км, R(3022)=215 км, Rвл = 44 км	Республика Северная Осетия-Алания
Восточная часть Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, прилегающая акватория Каспийского моря									
1	02.01.2021	01:05:51	42,18	48,08	10	4,6	mb	R(3056)=24 км, R(3055)=89 км, R(3013)=118 км, R(3052)=223 км, R(3016)=287 км, R(3061)=333 км, R(3017)=382 км, Rвл = 98 км	Республика Дагестан
2	02.01.2021	17:34:22	43,02	45,53	10	3,3	mb	R(3016)=69 км, R(3061)=114 км, R(3052)=148 км, R(3013)=156 км, R(3017)=161 км, R(3055)=168 км, Rвл = 27 км	Чеченская Республика
3	02.01.2021	19:25:46	42,97	45,16	10	3,4	mb	R(3016)=39 км, R(3061)=101 км, R(3017)=133 км, R(3052)=173 км, Rвл = 30 км	Республика Ингушетия
4	02.01.2021	22:07:03	42,09	48,31	60	4	mb	R(3056)=43 км, R(3055)=106 км, R(3013)=135 км, R(3052)=241 км, Rвл = 54 км	Каспийское море
5	04.01.2021	08:40:01	42,02	48,27	10	3,5	mb	R(3056)=47 км, R(3055)=111 км, R(3013)=140 км, Rвл = 33 км	Республика Дагестан
6	07.01.2021	09:49:31	42,71	46,1	60	3,8	mb	R(3016)=118 км, R(3013)=120 км, R(3055)=124 км, R(3056)=151 км, R(3052)=152 км, R(3061)=171 км, R(3017)=213 км, Rвл = 44 км	Республика Дагестан
7	08.01.2021	13:56:36	43,69	46,16	100	3,5	ML	R(3052)=61 км, R(3013)=122 км, R(3061)=129 км, R(3016)=144 км, R(3055)=146 км, R(3056)=204 км, Rвл = 33 км	Чеченская Республика
8	10.01.2021	20:13:15	42,83	45,67	10	3,7	mb	R(3016)=82 км, R(3061)=137 км, R(3013)=149 км, R(3055)=157 км, R(3052)=157 км, R(3017)=177 км, R(3056)=187 км, R(2-ю)=246 км, Rвл = 40 км	Чеченская Республика
9	13.01.2021	08:12:36	40,79	48,6	9	3,5	ML	R(3056)=183 км, R(3055)=248 км, Rвл = 33 км	Азербайджан

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	13.01.2021	19:08:01	42,46	47,87	20	3,6	mb	R(3056)=11 км, R(3055)=53 км, R(3013)=82 км, R(3052)=188 км, РвЛ = 36 км	Республика Дагестан
11	13.01.2021	23:06:35	43,01	45,51	12	3,5	M	R(3016)=68 км, R(3061)=114 км, R(3052)=150 км, R(3013)=158 км, R(3017)=160 км, R(3055)=170 км, R(3056)=206 км, РвЛ = 33 км	Чеченская Республика
12	17.01.2021	14:05:08	42,54	48,33	10	3,6	mb	R(3056)=38 км, R(3055)=70 км, R(3013)=96 км, R(3052)=200 км, РвЛ = 36 км	Каспийское море
13	17.01.2021	22:24:34	42,99	45,53	5	3,3	mb	R(3016)=69 км, R(3061)=116 км, R(3052)=150 км, R(3013)=157 км, R(3017)=162 км, R(3055)=168 км, РвЛ = 27 км	Чеченская Республика
14	18.01.2021	11:37:30	42,85	45,61	10	3,2	mb	R(3016)=77 км, R(3061)=132 км, R(3013)=153 км, R(3052)=158 км, РвЛ = 24 км	Чеченская Республика
15	31.01.2021	17:43:02	43,1	46,47	10	3,4	mb	R(3013)=81 км, R(3055)=95 км, R(3052)=101 км, R(3056)=142 км, R(3016)=145 км, R(3061)=170 км, РвЛ = 30 км	Республика Дагестан
территория Закавказья									
1	05.01.2021	22:26:09	41,33	43,94	1	3,7	mb	R(3016)=190 км, R(3017)=214 км, R(3061)=275 км, РвЛ = 40 км	Грузия
2	07.01.2021	15:01:42	42,86	41,25	1	3,4	ML	R(3021)=104 км, R(3022)=121 км, R(3099)=122 км, R(3097)=152 км, РвЛ = 30 км	Абхазия
3	09.01.2021	04:59:59	41,79	45,72	5	3,8	ML	R(3016)=155 км, R(3056)=187 км, R(3055)=197 км, R(3013)=206 км, R(3017)=237 км, R(3061)=238 км, R(3052)=258 км, РвЛ = 44 км	Грузия
4	11.01.2021	02:53:16	41,36	43,7	8	2,4	ML	РвЛ = 11 км	Грузия
5	16.01.2021	23:39:05	41,43	43,99	2	2,9	ML	R(3016)=179 км, РвЛ = 18 км	Грузия
6	23.01.2021	13:27:31	41,43	43,99	2	3	ML	R(3016)=179 км, РвЛ = 20 км	Грузия
7	24.01.2021	17:58:13	41,43	43,99	2	3,2	ML	R(3016)=179 км, R(3017)=204 км, РвЛ = 24 км	Грузия
8	31.01.2021	15:51:06	41,65	42,1	7	2,3	ML	РвЛ = 10 км	Грузия

*Примечание: цветом выделена реализация землтрясений в течение месяца по декадам

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

После чего, 08.01.2021 г., глубокофокусное землетрясение умеренной энергии было зарегистрировано уже в пределах Восточного Предкавказья ($m_b=3.8$; $h=100$ км), на северном фланге Терско-Каспийского прогиба, в Терско-Сулакской зоне локальных впадин и поднятий.

В конце первой декады (10.01.2021 г.) серия из двух землетрясений умеренной энергии ($m_b=4.0$ и $m_b=3.7$) реализовалась в горной части Чеченской Республики, на западном окончании зоны Известнякового Дагестана (вероятно в зоне влияния северной шовной границы Восточно-Кавказского кристаллического массива).

По данным ССД ЕГС РАН, в начале второй декады (13.01.2021 г.) было зафиксировано 3 землетрясения. Сейсмическое событие умеренной энергии ($m_b=3.6$) было зарегистрировано на северном фланге Избербаш-Дербентской складчатой зоны. (в зоне влияния восточной шовной границы Восточно-Кавказского кристаллического массива). Через 2 часа землетрясение слабой силы ($m_b=3.5$) реализовалось в предгорной части Чеченской Республики, на южной границе центральной части Предгорной зоны локальных впадин Терско-Каспийского прогиба (в районе Черногорской очаговой области).

Затем, 17.01.2021 г. сейсмичность умеренной силы ($m_b=3.6$) проявилась на восточном фланге Терско-Каспийского прогиба, в прилегающей шельфовой зоне Каспийского моря (на границе Прибрежной зоны локальных впадин и Среднекаспийской моноклинали).

В эти же сутки, через несколько часов еще одно слабое землетрясение ($m_b=3.3$) было зарегистрировано опять на южном фланге Черногорской очаговой области в предгорной части территории Чеченской Республики (на границе зоны моноклинали Известнякового Дагестана складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа и Предгорной зоны локальных впадин Терско-Каспийского прогиба). В следующие сутки (18.01.2021 г.) сейсмическое событие умеренной силы ($m_b=3.6$) реализовалось в 18 км южнее, уже на границе зоны моноклинали Известнякового Дагестана и Дигоро-Осетинской тектонической зоны.

Надо отметить, что сейсмическая активизация слабых энергий в районе Черногорской очаговой области (события 02.01.2021 г., 13.01.2021 г. и 17.01.2021 г.) фиксирует продолжение афтершокового процесса, после реализации здесь в прошлом месяце (12.12.2020 г.) ощутимого землетрясения высокой энергии ($m_b=4.7$) и еще одного сильного толчка (13.01.2020 г. - $m_b=4.8$). После второго сильного толчка, в данной очаговой области с 13 по 27 декабря 2020 г. реализовалась серия афтершоков (13 событий) слабых и умеренных энергий с магнитудой от $m_b=3.2$ до $m_b=4.5$.

Черногорская очаговая область находится в зоне влияния субширотной шовной зоны на северной границе Восточно-Кавказского кристаллического массива. При этом, в декабре 2020 г. ареал реализации сейсмичности проявился в виде вытянутой секущей субмеридиональной зоны длиной около 25 км (вероятно в связи с осложняющим субширотную шовную зону коровым разломом субмеридионального простиранья).

В отчетном месяце в связи с реализацией 3-х землетрясений умеренной энергии (2 толчка 10.01.2020 г. и 18.01.2020 г.) еще южнее, на границе зон Скалистого хребта и моноклинали Известнякового Дагестана, фиксируется расширение ареала проявления форшокового процесса на юг (до 40 км), уже в пределы складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа.

После относительного сейсмического затишья, в конце января в *Восточной части* рассматриваемой территории (31.01.2021 г.) землетрясение слабой энергии ($m_b=3.4$) было зарегистрировано в Восточном Предкавказье, на границе Республики Дагестан и Чеченской Республики, на северо-восточном фланге Чеченской впадины Предгорной зоны локальных впадин Терско-Каспийского прогиба.

Согласно данным каталога ССД ЕГС РАН (рис. 4, табл. 1) в пределах *Центральной части* территории Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа в декабре 2020 г. было зафиксировано 5 сейсмических событий слабой и умеренной энергии.

В начале первой декады (02.01.2021 г.) слабое землетрясение ($m_b=3.2$) реализовалось на юго-востоке Ставропольского края, в центральной части Предкавказья, на границе Ногайской ступени и Терско-Сулакской зоны поднятий.

Затем, 07.01.2021 г. слабое землетрясение было зафиксировано в равнинной части территории Республики Ингушетия, на границе Терско-Сунженской зоны осевой складчатости и Осетинской впадины Предгорной зоны локальных впадин ТКПП, в зоне влияния субмеридиональной Моздокской шовной зоны на границе Центрально-Предкавказского и Восточно-Предкавказского мегаблоков. на границе

В начале третьей декады (21.01.2021 г.) сейсмичность слабой энергии проявилась еще южнее, в горной части территории Республики Северная Осетия-Алания, в пределах Дигоро-Осетинской тектонической зоны. После чего, 25.01.2021 г. в *Центральной части* рассматриваемой территории, сейсмичность проявилась еще южнее, на севере Грузии, в пределах Местийско-Тианетской тектонической зоны Южного склона Большого Кавказа.

Затем, 26.01.2021 г. землетрясение умеренной энергии ($m_b=3.8$) реализовалось в равнинной части территории Республики Северная Осетия-Алания, на северном фланге Осетинской впадины Предгорной зоны локальных впадин ТКПП.

По данным ССД ЕГС РАН в пределах *Западной части* территории Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающей акватории Черного и Азовского морей, в январе 2021 г. сейсмических событий не зафиксировано.

По данным каталога ССД ЕГС РАН на прилегающей территории Закавказья (площадь Закавказской межгорной области и складчатых зон Малого Кавказа) в январе 2021 г. было зафиксировано 2 землетрясения (рис. 4, табл. 1). В середине первой декады (05.01.2021 г.) сейсмическое событие умеренной энергии ($m_b=3.7$) было зафиксировано на юге Грузии, на юго-западном фланге Артвинско-Болнисской зоны складчато-глыбового сооружения Малого Кавказа (Параванская очаговая область).

В конце первой декады (09.01.2021 г.) землетрясение умеренной энергии ($m_b=4.1$) реализовалось на северо-востоке Грузии, в пределах Алазанской впадины Закавказской межгорной области.

По данным каталога EMSC (Европейско-Средиземноморский сейсмологический центр) на рассматриваемой территории Большого Кавказа и Предкавказья (рис. 5, табл. 2) в январе было зафиксировано 15 землетрясений. Для рассматриваемой территории Предкавказья, Большого Кавказа и прилегающих акваториях Азовского, Чёрного и Каспийского морей в каталоге EMSC отражены все землетрясения, описанные выше по данным ССД ЕГС РАН. Кроме второго толчка (10.01.2021 г.) зафиксированного в горной части Чеченской Республики. При этом по данным каталога EMSC зафиксировано еще одно событие слабой энергии 13.01.2021 г. ($M_L=3.$), реализовавшееся на севере Азербайджана, в пределах Загата-Говдагской тектонической зоны Южного склона Большого Кавказа.

На рассматриваемой территории Закавказья (площадь Закавказской межгорной области и складчатых зон Малого Кавказа), в каталоге EMSC отражены 8 сейсмических событий слабых и умеренных энергий. Кроме 2-х описанных по данным ССД ЕГС РАН события на юге (05.01.2020 г.) и северо-востоке Грузии (09.01.2021 г.) в каталоге EMSC отражены данные еще о 6-ти событиях.

На юге Грузии, в Параванской очаговой области на юго-западном фланге Артвинско-Болнисской зоны складчато-глыбового сооружения Малого Кавказа (после события 05.01.2021 г.) реализовались еще 4 землетрясения слабых энергий (11.01.2021 г. $-M_L=2.4$; 16.01.2021 г. $-M_L=2.9$; 23.01.2021 г. $-M_L=3.0$; 24.01.2021 г. $-M_L=3.2$).

Кроме того, в каталоге EMSC отражено слабое сейсмическое событие 07.01.2021 г. ($M_L=3.4$) реализовавшееся на юге Абхазии, на северо-западном фланге Рионской впадины Закавказской межгорной области.

По данным EMSC еще одно землетрясение слабой энергии 31.01.2021 г. ($M_L=2.3$) было зафиксировано на юго-западе Грузии, на западном фланге Аджаро-Триалетской зоны Малого Кавказа.

По результатам обработки и анализа первичных записей сейсмического мониторинга филиала «Южный региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология» за январь выявлены сейсмограммы, отождествляемые с реализацией 3-х локальных сейсмических событий слабой энергии, не отраженных в каталогах ССД ЕГС РАН и EMSC.

Локальное сейсмическое событие слабой энергии ($m_b = 2.1$) 13.01.2021 г. (19:39:00) было зафиксировано на пунктах Преградная, Ессентуки и Теберда.

По данным локализации землетрясение реализовалось на юго-западе Карачаево-Черкесской Республики (близ границы с Абхазией) на западном фланге *Центральной части* складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, на границе Софийского и Тебердинского блоков (Архыз-Гузерицкая зона разломов) складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа.

Еще одно локальное сейсмическое событие слабой энергии ($m_b = 2.5$) 25.01.2021 г. (21:07:22) было зафиксировано на пунктах Кубрань, Преградная, Теберда, Шаджатмаз, Безенги и Железноводск. По данным локализации, землетрясение реализовалось также на территории Карачаево-Черкесской Республики, на границе Софийского и Тебердинского блоков, в 25 км юго-западнее от эпицентра предшествующего события (13.01.2021 г.).

Через несколько часов в эти же сутки (2021-01-25 23:42:33) локальное сейсмическое событие слабой энергии ($m_b = 2.0$) было зафиксировано по станциям на пунктах Железноводск, Безенги, Полтавское и Грозный.

По данным локализации, землетрясение реализовалось в равнинной части территории Республики Северная Осетия-Алания, на западном фланге Терско-Сунженской зоны осевой складчатости ТКПП (в зоне влияния Змейско-Малокабардинского корового разлома северо-восточного простирания).

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 **январе 2021 г.** произошло в *Восточной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа и прилегающая акватория Каспийского моря), где было зафиксировано 16 землетрясений слабых, умеренных и сильных энергий с магнитудами (m_b) от 3.3 до 4.8 (в том числе на территории *Восточной части* Северного Кавказа 14 событий).

Основная сейсмическая активность в январе проявилась в пределах *Восточной части* территории Предкавказья (5 событий), складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа (9 событий), в прилегающей акватории Каспийского моря (1 событие).

В *Центральной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа) было зафиксировано 8 землетрясений (3 по данным локальной сети) очень слабых и слабых энергий с магнитудами (m_b) от 2.0 до 3.8, при этом на территории *Центральной части* Северного Кавказа (6 событий).

В пределах *Западной части* Кавказского региона (территория Предкавказья, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа, а также прилегающие акватории Черного и Азовского морей), в январе 2021 г. сейсмических событий не зафиксировано.

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **январе 2021 г.** (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря было выше среднемноголетнего уровня для последних лет (10 событий), но не превысило значение самого активного года (21). Значение выделившей сейсмической энергии для территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья в январе 2021 г., также было выше среднемноголетнего уровня для января (1991-2020 гг.), в том числе и за счет реализации относительно сильного землетрясения в Избербаш-Дербентской складчатой области.

Надо отметить, что повышенное количество землетрясений слабых и умеренных энергий на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря фиксируется с ноября 2020 г., при этом в

последние месяцы намечается 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).

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

При этом надо отметить, проявление локальной сейсмичности в Архыз-Гузери́пльской зоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа, к которой приурочена Чхалтинская очаговая область потенциальной реализации сильных землетрясений. Продолжение режима сейсмического затишья (с декабря 2020 г.) фиксируется также на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Рача-Джавско-Онийская очаговая область).

Для *Западной части* региона (территория Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающая акватория Черного и Азовского морей), в **январе** 2021 г. был зафиксирован режим сейсмического затишья, довольно частый для января в прошлые годы (1991-2020 гг.).

Также нужно отметить возобновление в **январе** 2021 г., режима сейсмического затишья на северо-западе территории Армении (в Спитакской очаговой области). При этом, явная сейсмическая активизация зафиксирована на юге Грузии в Параванской очаговой области (на юго-западном фланге Артвинско-Болнисской зоны складчато-глыбового сооружения Малого Кавказа).

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

В январе 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 январе данные получены по 19 скважинам (в том числе в неполном объеме по скв. 3020, 3097, 3026, 3055, 3056), 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. 6), показал, что на территории Северо-Кавказского региона в январе 2021 г. реализация сейсмических событий слабых и до сильных энергий происходила преимущественно в условиях растяжения геологической среды (в пределах расчетного поля ПНГС). Афтершоковая деятельность серии ощутимых событий 12.12 (M до 4,8) происходила на

фоне преимущественного растяжения в Восточной части региона и кратковременной перестройки поля напряжений во 2-й декаде января.

В целом в регионе в январе по ГГД полю наблюдается превалирование напряжений растяжения, в том числе с локальными областями преимущественного сжатия в Западной части региона (наиболее обширными по площади во 2-й декаде месяца, в том числе на фоне осадков, наиболее интенсивных на Черноморском побережье).

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

- 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 январе 2021 г. сохраняется общий слабо отрицательный тренд УПВ.

- В многолетнем разрезе и по состоянию на январь 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 январь текущего года.

- В многолетнем разрезе по скв. 3060 (ст-ца Должанская) с марта 2020 и по состоянию на январь текущего года наблюдается заметное расхождение сезонных колебаний УПВ и уровня моря.

Краткосрочная оценка сейсмогеодинамического состояния геологической среды за январь. В полях напряженности геологической среды (ПНГС), построенных по полученным ежесуточным данным УПВ, прослеживались от фоновых до умеренно аномальных значения приведенных (нормированных) амплитуд УПВ ($A_{пр}$) – 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).

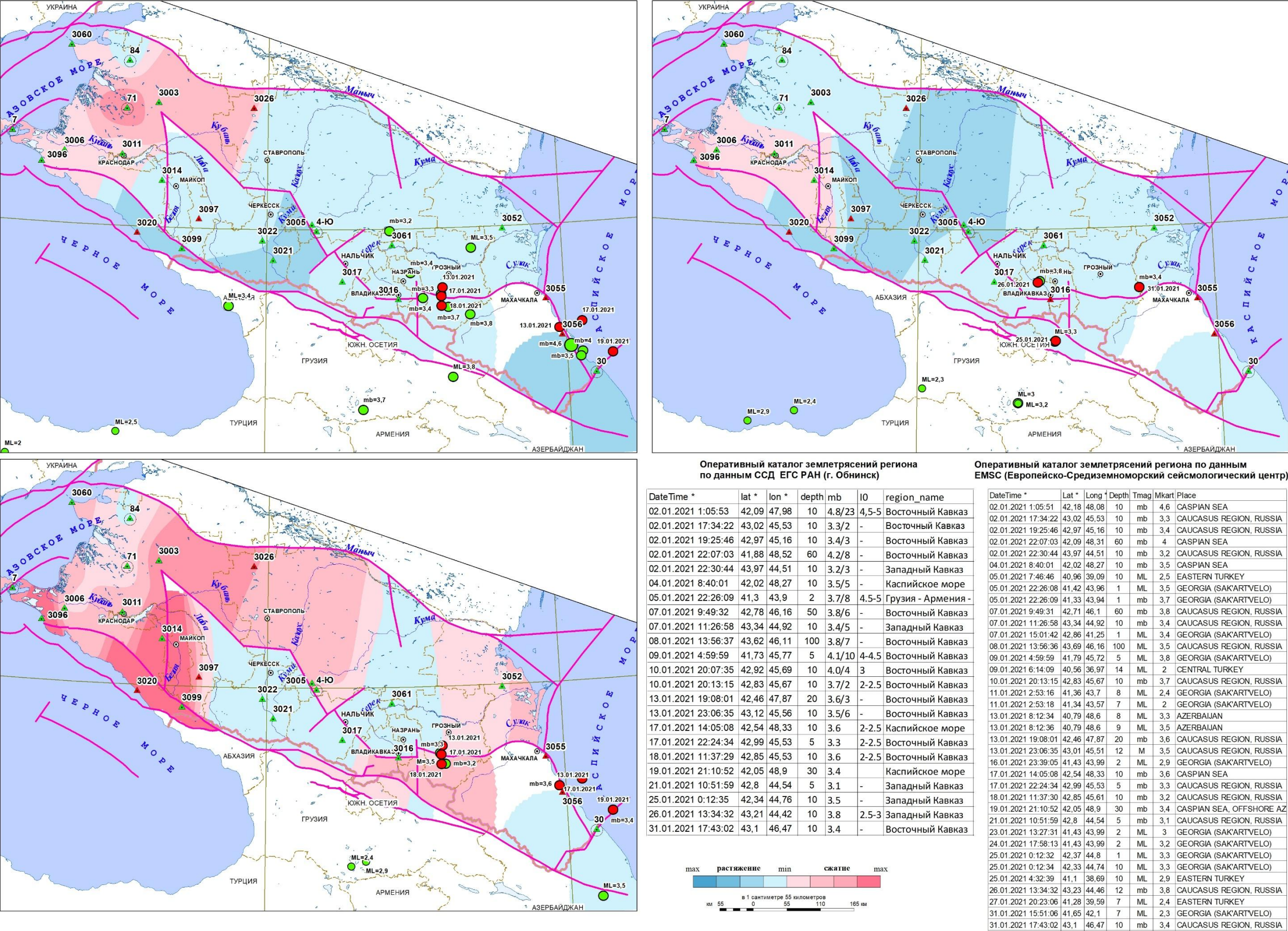


Рис. 6 Ежедекадные тренды гидрогеодеформационного поля Северо-Кавказского региона в январе 2021 г.

Таблица 3

Анализ среднемесячных многолетних данных УПВ по скважинам сети ГГД мониторинга
за январь периода 1990-2020 гг. и текущего января 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 январе за многолетний период	в январе 2021 г.			
1	3060	положит	положит	Азово-Кубанский артезианский бассейн (АКАБ)	Ростовский выступ	Наблюдения с 1990 г. Выражена сезонность
2	3006	полож/ отрицат	отрицат		Нижне-Кубанский кристаллический массив (близко к границе 1-го порядка)	Наблюдения с 1990 г. Выражена сезонность
3	3003	положит	положит		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	слабо 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	положит	положит		Нижне-Кубанский кристаллический массив (близко к границе 1-го порядка с Закавказской плитой)	Наблюдения с 2017 г. (малый ряд наблюдений)
7	3099	положит	положит	Большекавказская гидрогеологическая складчатая область (БКГСО)	Закавказская плита (ЗП)	Наблюдения с 2009 г. Выражена сезонность
8	3020	положит	н/д			Наблюдения с 2008 г. Выражена сезонность
9	3097	положит	м/д		Центрально-Кавказский кристаллический массив (ЦККМ)	Наблюдения с 2017 г. (малый ряд наблюдений)
10	3022	отрицат	отрицат			Наблюдения с 2007 г. Выражена сезонность
11	3021	отрицат	отрицат	Центрально- Кавказский гидрогеологический массив (ЦКГМ)		Наблюдения с 1996 г. Выражена сезонность
12	3005	положит	положит	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-восстановитель- ных работ в 2018 г. общий тренд слабо отрицательный
13	3061	отрицат	отрицат			Наблюдения с 2012 г. Выражена сезонность
14	3026	положит	положит	Азово-Кубанский артезианский бассейн (АКАБ)		Наблюдения с 1998 г. по 2016 г. Выражена сезонность. Длительный перерыв 2017-апрель 2020 гг.
15	3016	отрицат	отрицат	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	отрицат	отрицат		Центрально-Кавказский кристаллический массив (ЦККМ)	Наблюдения с 1990 г. Выражена сезонность
17	3052	положит	положит	Восточно- Предкавказский артезианский бассейн (ВПАБ)	Восточно-Предкавказский блок (ВПБ)	Наблюдения с 2002 г. (УПВ выше поверхности земли) Присутствует сезонность
18	3055	положит	м/д		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	полож/ отрицат	положит			Наблюдения с 2002 г. Присутствует сезонность

* н/д - нет данных и м/д – мало данных для расчета амплитуды УПВ по среднемесячным значениям



Рис. 7 Схема наблюдательной сети ГГД мониторинга по состоянию на 31.01.2021 г. на основе карты гидрогеологического районирования территории Российской Федерации (территория ЮФО и СКФО), актуализированной на 01.01.2016 г. (ВСЕГИНГЕО, 2015 г.)

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, в основном, от фонового до умеренно аномального и, реже, аномального по большинству пунктов (неполные данные по скв. 3020, 3097): скв. 3060, 3003, 3014, 71, 3011, 7, 3006, 3096, в том числе в соответствии с вариациями атмосферного давления и на фоне осадков (до максимальных на Черноморском побережье), рис. 8.

На временных графиках наблюдаемых параметров за январь выделены:

- по скв. 3060 (ст-ца Должанская) 12-13.01 кратковременное обратимое понижение УПВ (в пределах 0,2 м) с нарушением взаимосвязи атмосферного давления (рис. 8);
- по скв. 3014 (ст-ца Пшехская) 10-12.01 не выражена связь с Ратм;
- по скв. 3003 23-26.01 осложнение сезонного подъема УПВ кратковременным снижением (в пределах 0,1 м) с нарушением взаимосвязи атмосферного давления и периодами нивелирования лунно-солнечных приливов (рис. 8).

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 январе фиксировалось состояние ГГД поля, в основном, от фонового до умеренно аномального и, реже, аномального (неполные данные по скв. 3026): длительностью до суток по скв. 3061 и 3017, длительностью до 2-3 суток по скв. 3022, 3005, 3016 (рис. 9), в том числе в соответствии с вариациями атмосферного давления и на фоне осадков и проявлений близкой сейсмичности до умеренных энергий на юго-востоке Ставропольского края, территории РСО (Алания) и Ингушетии.

На временных графиках наблюдаемых параметров за январь выделены:

- по скв. 3005 (пос. Санамер, Ставропольский кр.) контрастные вариации электропроводности 02-05.01, 20-25.01 (рис. 9). Проявления сейсмичности до умеренных энергий фиксировались в радиусе 130-160 км от пункта наблюдений;
- по скв. 3022 (пос. Кубань, КЧР) в период 09-13.01 наблюдалось бухтообразное понижение УПВ с нарушением взаимосвязи атмосферного давления (рис. 9). Наиболее близкое проявление сейсмичности до слабых энергий фиксировались в радиусе 120 км от пункта наблюдений;
- по скв. 3016 (г. Владикавказ, РСО-Алания) ранее обнаружено изменение характера вариаций УПВ в ноябре, декабре и в текущем январе в соответствии с Ратм. (кратковременные повышения УПВ в противофазе с атмосферным давлением, что является следствием влияния неисправности датчика атмосферного давления. В январе пункт 3016 находился в радиусе влияния событий М до 3,8, (21.01 $R_{вл}=22$ км, $R_{3016}=21$ км и 26.06 $R_{вл}=44$ км, $R_{3016}=34$ км), произошедших на территории РСО (Алания).

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 январе состояние ГГД поля фиксировалось от фоновых до уровня умеренно аномальных значений $A_{пр}$, реже, аномального по скв. 30 в 3-й декаде месяца (неполные данные по скв. 3055, 3056) при продолжающейся сейсмической активности до сильных энергий на территории Республик Дагестан и Чеченской (табл. 1, 2, рис. 4-5). Наиболее сильное событие 02.01 ($M=4,8$ $R_{вл}=120$ км, $R_{3056}=31$ км, $R_{3055}=95$ км) реализовалось, по имеющимся суточным данным $A_{пр}$ мин/макс и $A_{пр}$ ср/сут, в поле устойчивого знака напряжений растяжения (рис. 10).

На временных графиках наблюдаемых параметров за январь выделены:

- по скв. 3052 (пос. Серебряковка, РД) контрастные высокоамплитудные вариации электропроводности и температуры воды (амплитуда Δ вод порядка 2000 мкСм/см, $T_{вод}$ - 16 °С со сбросами до нулевых значений) в период 13.01-18.01.2021 г. (рис. 11), вероятно связанные с техногенными помехами, вызванными некорректной работой соответствующей датчиковой группы.

Таким образом, по еженедельным трендам ГГД поля в январе 2021 г., в целом в регионе наблюдается преобладание напряжений растяжения, в том числе с локальными областями преимущественного сжатия в Западной части региона (наиболее обширными по площади во 2-й декаде месяца, в том числе на фоне осадков, наиболее интенсивных на Черноморском побережье).

По состоянию на первую декаду февраля 2021 г. по имеющимся данным суточных ПНГС (расчет $A_{пр}$ по минимальному-максимальному положению УПВ) на территории Северо-Кавказского региона наблюдается переменный знак напряжений, до умеренно аномальных значений приведенных амплитуд ($A_{пр}$).

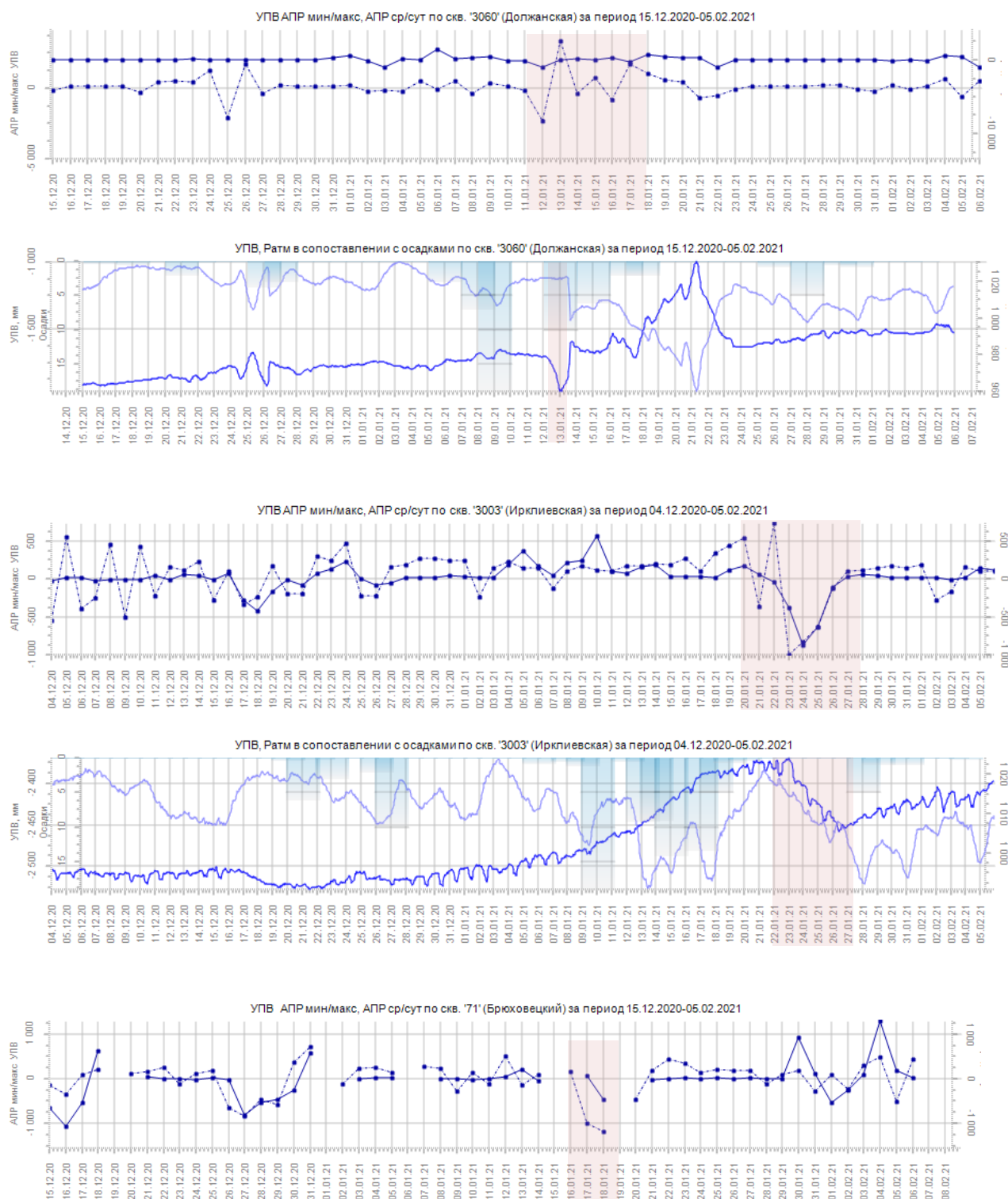


Рис. 8 Графики вариаций наблюдаемых и расчетных (суточные приведенные амплитуды УПВ) параметров по скв. 3060, 3003, 71 за период декабрь-январь 2021 г. Цветной заливкой отмечены периоды аномального состояния параметров УПВ и АПР (по УПВ) в январе

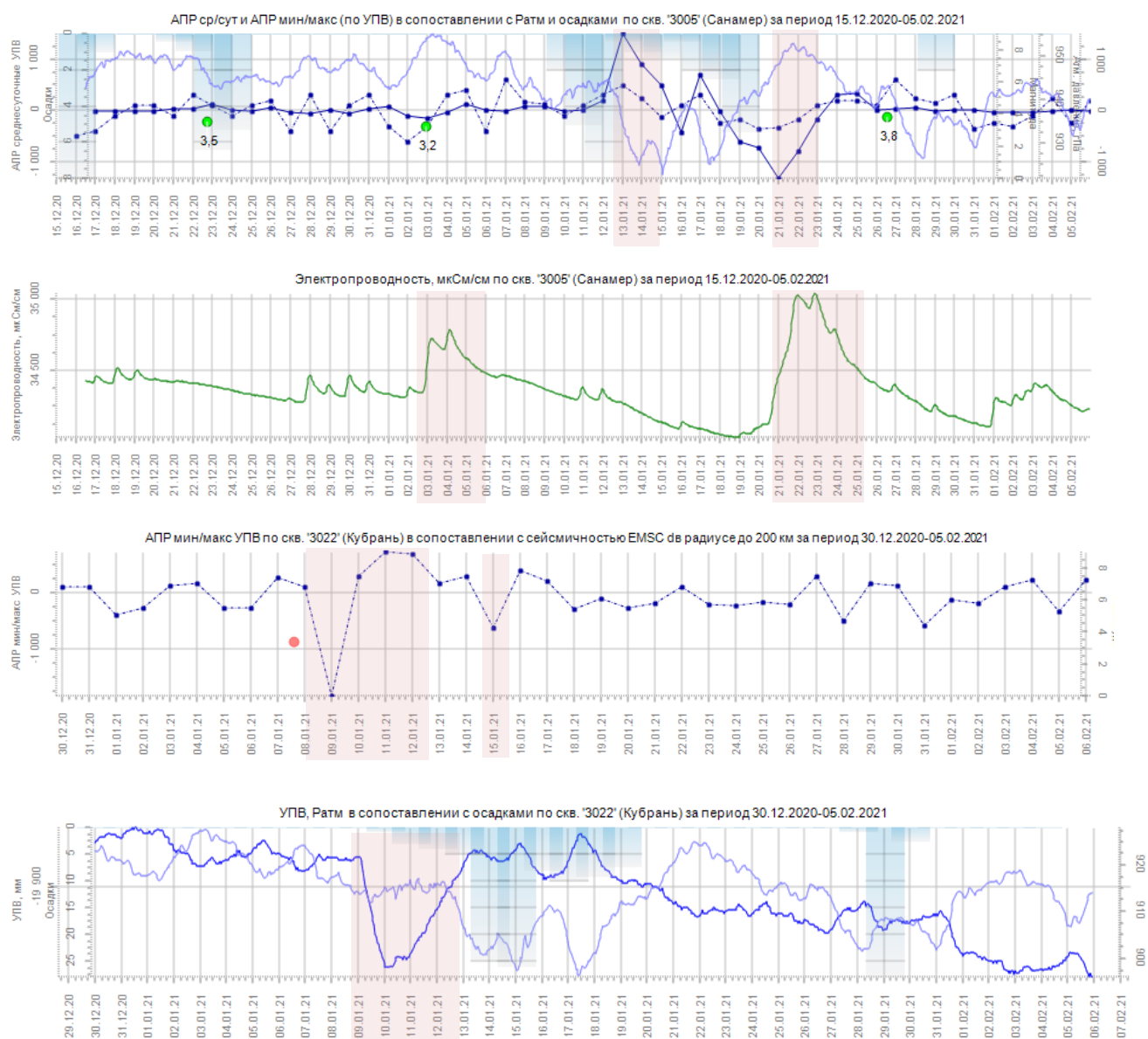


Рис. 9 Вариации наблюдаемых и расчетных параметров по скв. 3005 за период 15.12.2020-05.02.2021 г. и по скв. 3022 за период 30.12.2020-05.02.2021 г. с сейсмичностью в радиусе до 160-200 км от пунктов наблюдений. Цветной заливкой выделены периоды аномального состояния параметров

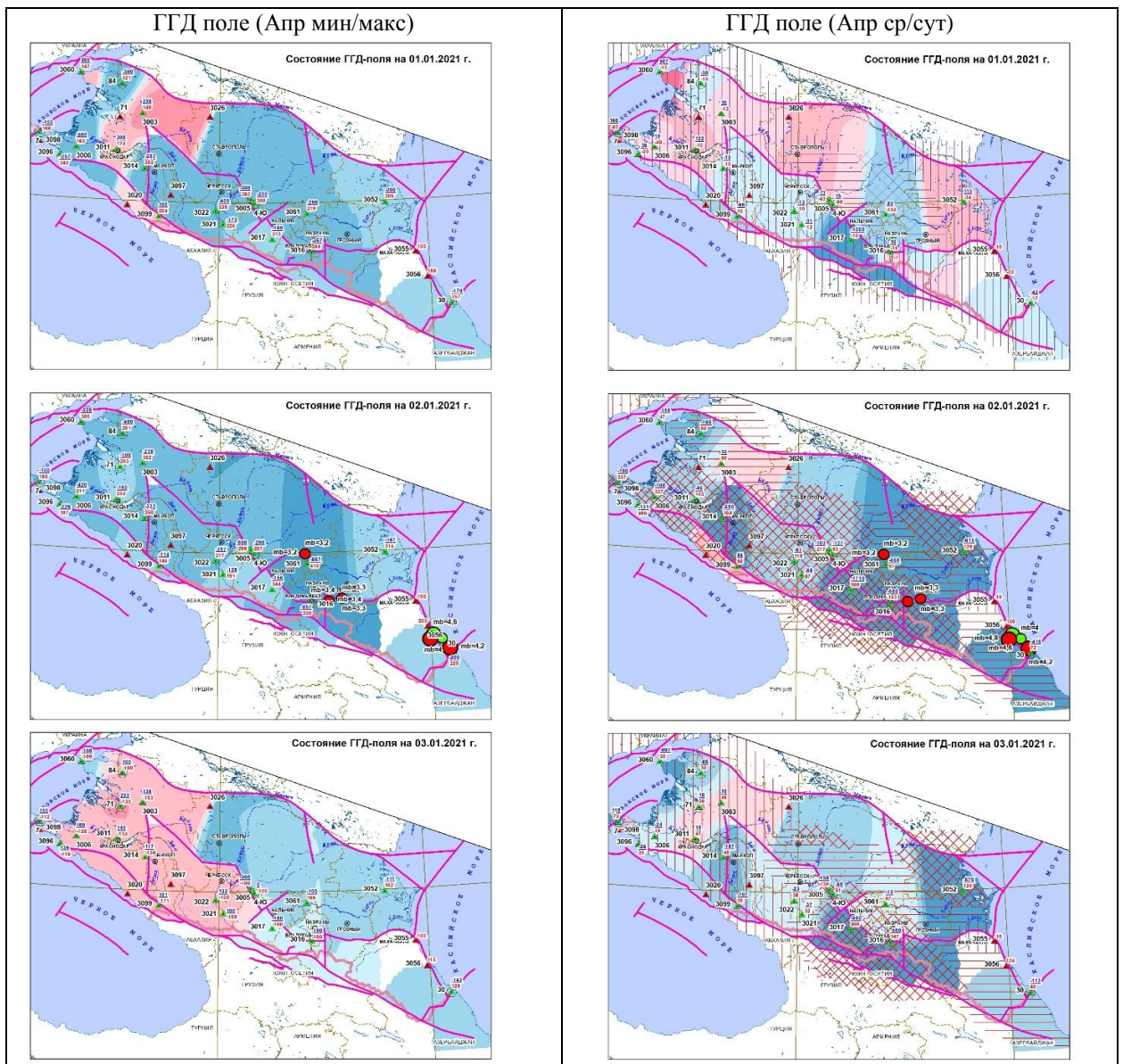


Рис. 10 Поля напряженности геологической среды (ГГД поле), построенные по ежесуточным данным приведенных амплитуд УПВ (расчет по минимальным и максимальным, и среднесуточным данным УПВ) в сопоставлении с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН и EMSC за период 01.01-03.01.2021 г.

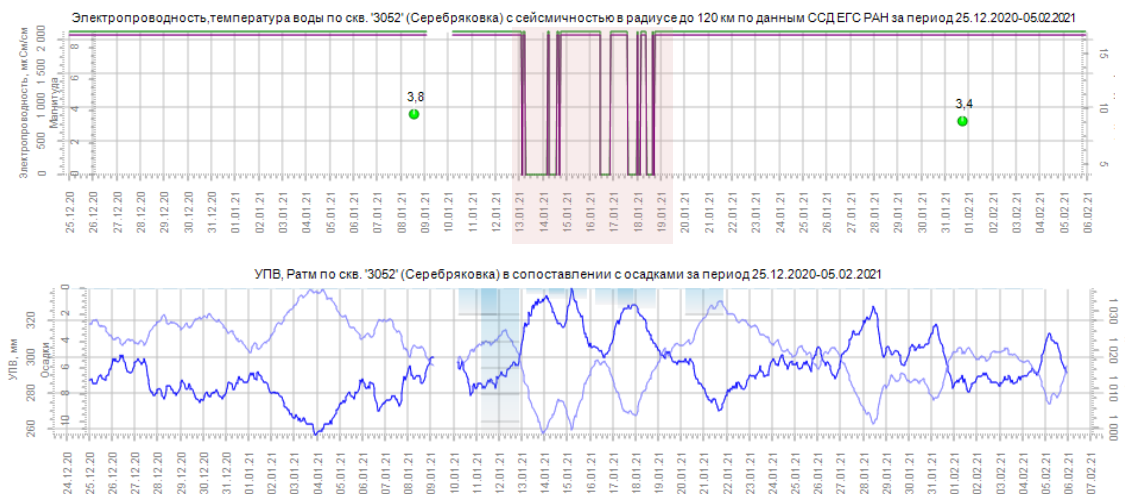


Рис. 11 Графики вариаций наблюдаемых параметров по скв. 3052 за период 25.12.2020-05.02.2021 г. в сопоставлении с сейсмичностью в радиусе до 120 км от пунктов наблюдений. Цветной заливкой отмечен период аномального состояния наблюдаемых параметров

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

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

В январе 2021 г. Кавказский (Северо-Кавказский) геофизический полигон филиала ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН» продолжил работу как в штатном режиме на пунктах, оборудованных в предыдущий период, так и в режиме организации наблюдений. В отчетном месяце в связи с завершением 20.12.2020 г. наблюдений в пределах Азово-Черноморской прибрежной зоны, выполняемых подрядным способом, геофизические наблюдения в опытном порядке были развернуты (26.01.2021 г.) в х. Анапский (РСС) на территории Краснодарского края (пункт Киевский). При этом, для организации наблюдений в пределах Азово-Черноморской прибрежной зоны и оптимизации положения пунктов сети сейсмических наблюдений, оборудование было демонтировано на пункте Ессентуки (26.01.2021 г.).

Таким образом, в январе 2021 г. (по состоянию на 31.01.2021 г.) наблюдения параметров ЕИЭМПЗ проводились ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН» на 12-ти пунктах сети мониторинга (рис. 1) опасных эндогенных геологических процессов Северо-Кавказского полигона: Каткова Щель, Эстосадок, Шаджатмаз, Ессентуки, Безенги, Даргавс, Полтавское, Грозный, Сергокала, Преградная, Эльбрусский и Гуниб.

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 01.01.2021 г. по 09.02.2021 г. (рис. 14). Здесь же показаны сейсмические события, произошедшие в регионе за этот период.

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 середине месяца двухпиковая аномалия фиксируется на пункте Шаджатмаз с 12 по 17 января, и вероятно связана с реализацией локальной сейсмичности 13 января и 25 января в Архыз-Гузерицкой разломной зоне (складчато-глыбовое поднятие Центрального Кавказа) и 25 января на западном окончании Терско-Сунженской зоны осевой складчатости (в зоне влияния Змейско-Малокабардинский корового разлома).

Контрастная продолжительная многопиковая аномалия повышения количества счета импульсов ЕИЭМПЗ выделяется 16-23 января по пунктам Безенги и Даргавс, которая вероятно предвещала реализацию как локального события (в зоне влияния Змейско-Малокабардинский корового разлома), так и землетрясения умеренной энергии ($m_b=3.8$) 26.01.2021 г. реализовавшегося на северном фланге Осетинской впадины Терско-Каспийского прогиба.

Слабоконтрастная аномалия интенсивности ЕИЭМПЗ выделяется 28-31 января также по пунктам, расположенным в пределах складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Шаджатмаз, Даргавс и Безенги) и вероятно связана с реализацией 06.02.2021 г. землетрясения умеренной энергии ($m_b=4.0$) в центральной части Предкавказья (на южном фланге Западно-Ставропольской впадины).

В конце первой декады февраля 2021 г. (8-9.02.2021 г.) пиковая аномалия интенсивности ЕИЭМПЗ выделяется по пункту Грозный.

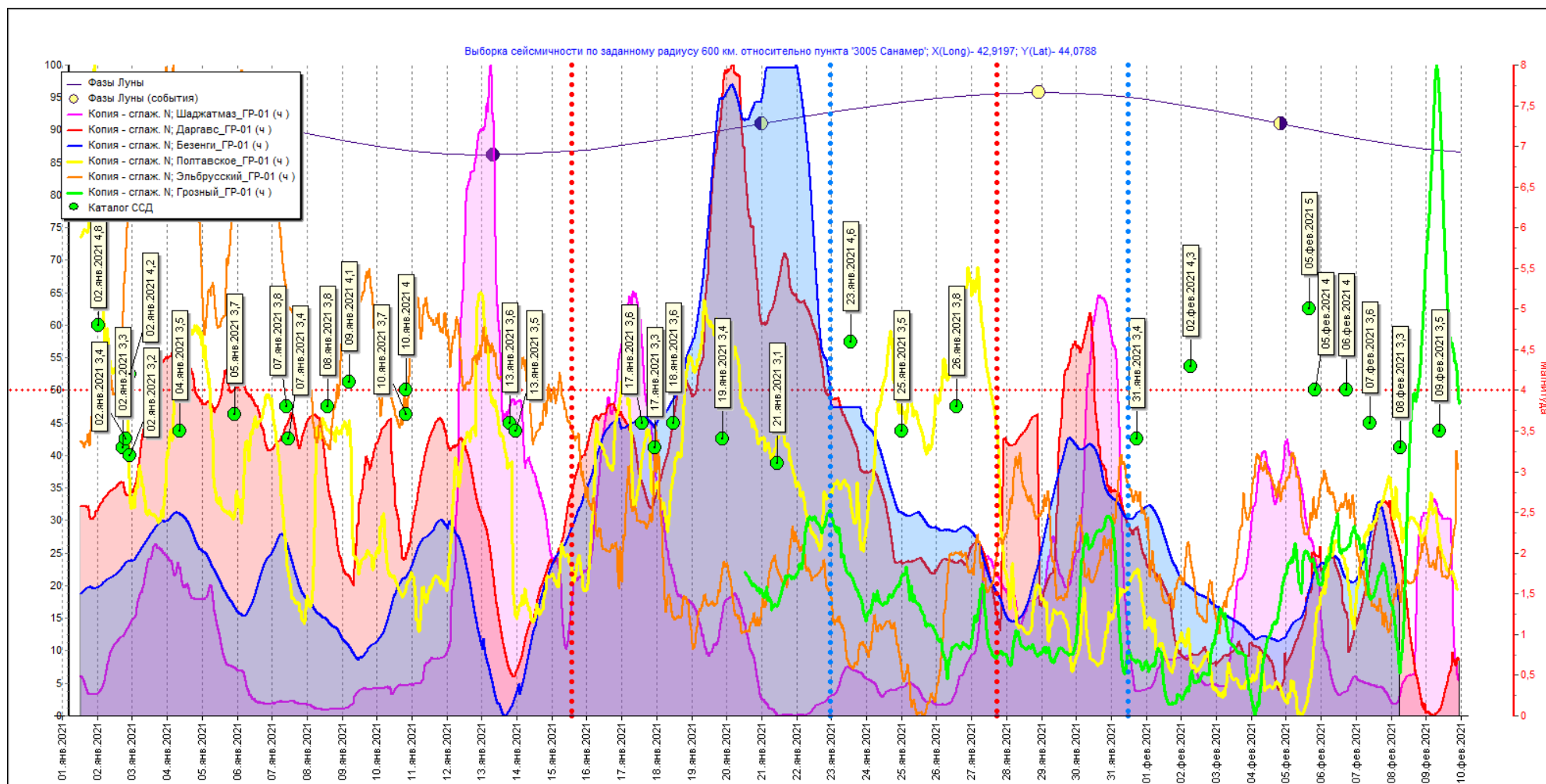


Рис. 12 Комплексный график вариаций ЭМИ (ЕИЭМПЗ) в период с 01.01.2021 г. по 09.02.2021 г.

В отчетном месяце по большинству пунктов фиксировалось сохранение среднего уровня интенсивности ЕИЭМПЗ. В связи с проведением в январе 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 январе 2021 г. на Северо-Кавказском полигоне регистрация сейсмических сигналов выполнялась в 17-ти точках, оборудованных специалистами филиала ФГБУ «Гидроспецгеология» «Южный региональный центр ГМСН» как в предыдущий период, так и в отчетном месяце. В связи с завершением 20.12.2020 г. наблюдений в пределах Азово-Черноморской прибрежной зоны, выполняемых подрядным способом, геофизические наблюдения в опытном порядке были развернуты (26.01.2021 г.) в х. Анапский (РСС) на территории Краснодарского края (пункт Киевский).

При этом, для оптимизации положения пунктов сети сейсмических наблюдений и развертывания наблюдений в пределах Азово-Черноморской прибрежной зоны, оборудование было демонтировано на пункте Ессентуки (26.01.2021 г.) и временно на пункте Суворовская (26.01.2021 г.), при этом регистрация на пункте Железноводск была переведена в непрерывной режим (с 21.01.2021 г.).

По состоянию на **31.12.2021 г.** измерительная аппаратура установлена на 16 пунктах сейсмических наблюдений локальной сети филиала «Южный региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология». Мониторинг сейсмического поля на Кавказском геофизическом полигоне осуществляется на пунктах: Киевский, Анапа, Каткова Щель, Шаумян, Эстосадок, Преградная, Кубрань, Эльбрусский, 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 Ессентуки, где остановка регистрации из-за отключения электроэнергии зафиксирована с 1 по 9 января.

По результатам обработки и анализа первичных записей сейсмического мониторинга филиала «Южный региональный центр ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология» за январь 2021 г. выявлены сейсмограммы, отождествляемые с реализацией 3-х локальных сейсмических событий слабой энергии, не отраженных в каталогах ССД ЕГС РАН и EMSC.

Локальное сейсмическое событие слабой энергии ($m_b = 2.1$) 13.01.2021 г. (19:39:00) было зафиксировано на пунктах Преградная, Ессентуки и Теберда. По данным локализации землетрясение реализовалось на юго-западе Карачаево-Черкесской Республики (близ границы с Абхазией) на западном фланге *Центральной части* складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, на границе Софийского и Тебердинского блоков (Архыз-Гузери́пльская зона разломов) складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа.

Еще одно локальное сейсмическое событие слабой энергии ($m_b = 2.5$) 25.01.2021 г. (21:07:22) было зафиксировано на пунктах Кубрань, Преградная, Теберда, Шаджатмаз, Безенги и Железноводск. По данным локализации, землетрясение реализовалось также на территории Карачаево-Черкесской Республики, на границе Софийского и Тебердинского блоков, в 25 км юго-западнее от эпицентра предшествующего события (13.01.2021 г.).

Через несколько часов в эти же сутки (2021-01-25 23:42:33) локальное сейсмическое событие слабой энергии ($m_b = 2.0$) было зафиксировано по станциям на пунктах Железноводск, Безенги, Полтавское и Грозный.

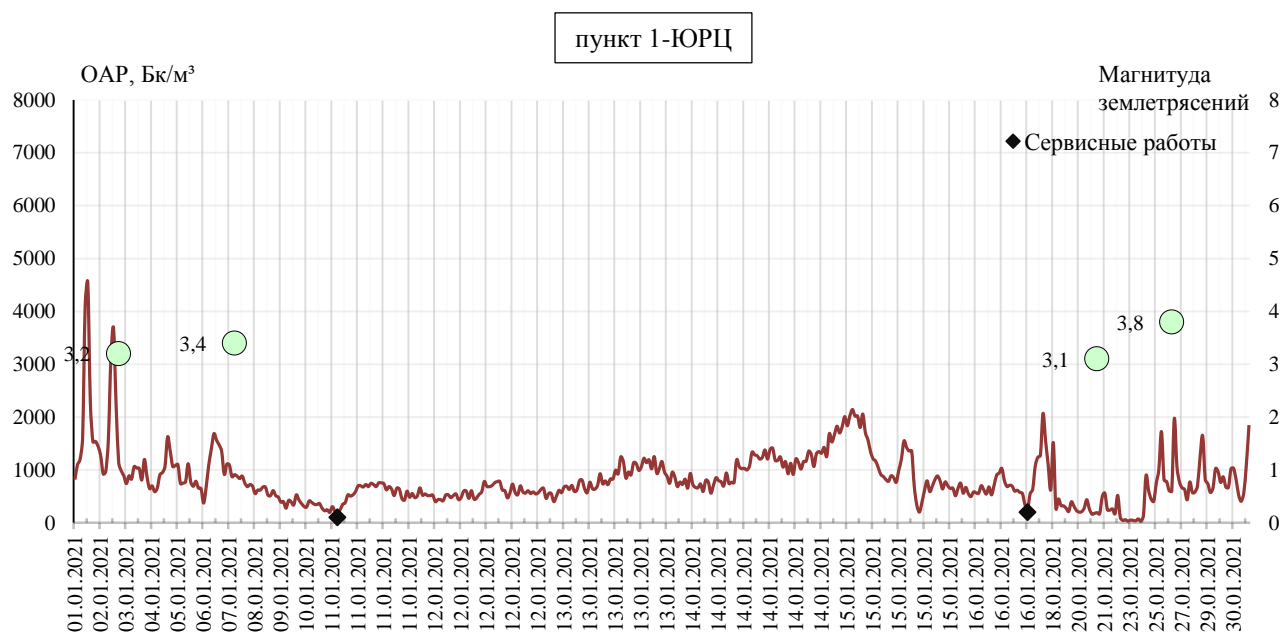
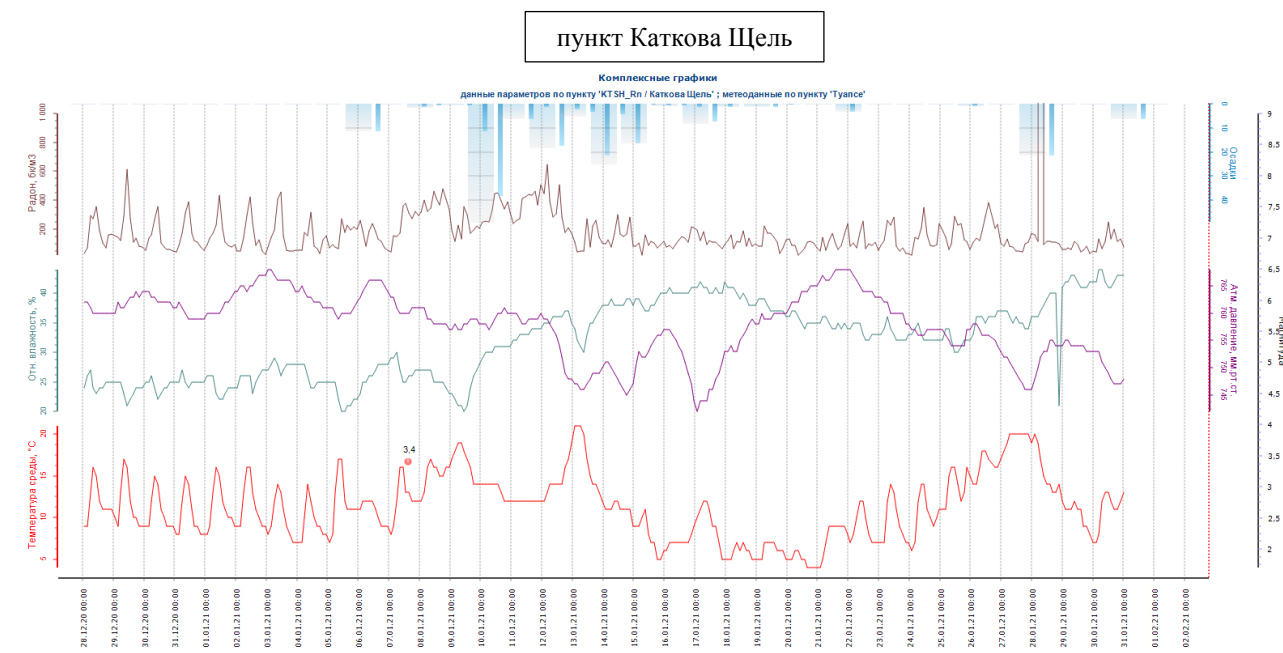
По данным локализации, землетрясение реализовалось в равнинной части территории Республики Северная Осетия-Алания, на западном фланге Терско-Сунженской зоны осевой складчатости ТКПП (в зоне влияния корового разлома северо-восточного простирания).

Мониторинг газо-гидрогеохимического поля в рамках собственных работ в отчетном месяце заключались 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 (организован силами ЮРЦ ГМСН с 16.12.2020 г.) и пос. Каткова Щель (организован силами ЮРЦ ГМСН с 15.12.2020 г.). Применяемое оборудование – измерительный комплекс «Альфарад плюс» (производитель ООО «НТМ Защита», г. Москва), предназначен для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов. Предварительно, в конце декабря 2020 г., были выполнены работы по подбору места оборудования двух новых пунктов мониторинга объемной активности радона на территории Краснодарского края. Данные мониторинга по пунктам Анапа и Каткова Щель поступают, соответственно, с января 2021 г. и с декабря 2020 г.

В январе концентрация ОАР по пункту 1-ЮРЦ изменялась в пределах 28-4551 Бк/м³ (средний уровень вариаций за период май 2020-январь 2021 составил 3408 Бк/м³), по пункту Каткова Щель в пределах 20-645 Бк/м³ (средний уровень вариаций за текущий январь составил 268 Бк/м³). По пункту Эльбрусский данные за январь 2021 г. ожидаются к поступлению в следующем месяце.

На графиках вновь организованных пунктов выделяются суточные вариации эксгаляции радона (в том числе по пункту Каткова Щель в соответствии с температурой воздуха, рис. 13). По пункту 1-ЮРЦ отмечается снижение общего уровня эксгаляции ОАР по сравнению с периодом 3-я декада ноября – декабрь 2020 г.; по пункту Каткова Щель 28.01 фиксировалось единичное ураганное значение ОАР (35721 Бк/м³), рис. 13.

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. 13).



эпицентры землетрясений расположены в радиусе 100-200 км от пункта наблюдений

Рис. 13 Вариации ОАР по пунктам Каткова Щель (Краснодарский кр.) за период 28.12.2020-31.01.2021 г. и 1-ЮРЦ (г. Ессентуки) за период 01.01-31.01.2021 г. в сопоставлении с сейсмичностью по данным ССД ЕГС РАН и EMSC

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

На основании полученных данных за январь 2021 г. для оценки сейсмогеодинамического состояния и степени сейсмической опасности в феврале 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 **январе 2021 г.** большинство сейсмических событий на рассматриваемой территории Кавказа произошло в *Восточной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое поднятие Восточного Кавказа и прилегающая акватория Каспийского моря), где было зафиксировано 16 землетрясений слабых, умеренных и сильных энергий с магнитудами (m_b) от 3.3 до 4.8 (в том числе на территории *Восточной части* Северного Кавказа 14 событий).

В *Центральной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа) было зафиксировано 8 землетрясений (3 по данным локальной сети) очень слабых и слабых энергий с магнитудами (m_b) от 2.0 до 3.8, при этом на территории *Центральной части* Северного Кавказа (6 событий).

В пределах *Западной части* Кавказского региона (территория Предкавказья, складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающие акватории Черного и Азовского морей), в январе 2021 г. сейсмических событий не зафиксировано.

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **январе 2021 г.** (ССД ЕГС РАН, EMSC, «ЮРЦ ГМСН») на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря было выше среднемноголетнего уровня для последних лет (10 событий), но не превысило значение самого активного года (21). Значение выделившей сейсмической энергии для территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья в январе 2021 г., также было выше среднемноголетнего уровня для января (1991-2020 гг.), в том числе и за счет реализации относительно сильного землетрясения в Избербаш-Дербентской складчатой области (рис. 14).

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

При этом для территории *Центральной части* Кавказа, надо отметить проявление локальной сейсмичности в Архыз-Гузери́пльской зоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа, к которой приурочена Чхалтинская очаговая область потенциальной реализации сильных землетрясений. Продолжение режима сейсмического затишья (с декабря 2020 г.) фиксируется также на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Рача-Джавско-Онийская очаговая область).

Для *Западной части* региона (территория Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающая акватория Черного и Азовского морей), в **январе 2021 г.** (рис. 14) был зафиксирован режим сейсмического затишья, довольно частый для января в прошлые годы (1991-2020 гг.).

Также нужно отметить возобновление в **январе 2021 г.**, режима сейсмического затишья на северо-западе территории Армении (в Спитакской очаговой области). При этом, явная сейсмическая активизация зафиксирована на юге Грузии в Параванской очаговой области (на юго-западном фланге Артвинско-Болнисской зоны складчато-глыбового сооружения Малого Кавказа).

По данным сейсмической активности, реализовавшейся в **январе 2021 г.**, текущее сейсмогеодинамическое состояние геологической среды всей территории Северо-Кавказского сейсмоопасного региона, оценивается как *умеренно аномальное*

активизированное. В том числе в пределах Западной и Центральной частей Северо-Кавказского региона, как умеренно аномальное, в пределах Восточной части Северо-Кавказского региона - как умеренно-аномальное активизированное.

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 Терско-Каспийский прогиб:
 - Терско-Сулакская зона локальных впадин и поднятий;
 - Терско-Сунженская зона осевой складчатости;
 - Предгорная зона локальных впадин;
 - Избербаш-Дербентская складчатая зона;
 - Среднекаспийская моноклираль;
2. Складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа:
 - 2.1 Северо-Кавказская моноклираль:
 - зона Известнякового Дагестана;
 - моноклираль Скалистого хребта;
 - 2.2 Складчатые зоны Южного склона Большого Кавказа:
 - Местийско-Тианетская тектонической зона ;
3. Закавказская межгорная область:
 - Рионская впадина;
4. Складчато-глыбовое сооружение Малого Кавказа:
 - Аджаро-Триалетская зона;
 - Артвинско-Болнисская зона;

В соответствии со схемой глубинного строения и тектонического районирования Северного Кавказа (альпийский этап) большинство эпицентров землетрясений в **январе 2021 г.** в региональном плане (рис. 2-5) тяготели в основном к межблоковым шовным зонам (северной и восточной границам Восточно-Кавказского кристаллического массива), в меньшей степени к коровым разломам (Терский, Змейско-Кабардинский, Архыз-Гузери́пльский).

Надо отметить, что повышенное количество землетрясений слабых и умеренных энергий на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря фиксируется с ноября 2020 г., при этом в последние месяцы намечается 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).

При этом в отчетном месяце отмечается продолжение (с ноября) режима относительного сейсмического затишья в Дагестанской очаговой области в пределах Терско-Каспийского прогиба и на южном склоне складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа (Закатальская очаговая область).

Таким образом, по результатам комплексного анализа имеющихся данных ГГД-мониторинга и данных геофизических и газо-гидрогеохимических наблюдений, а также анализа сейсмического режима на **01.02.2021 г.** текущее сейсмогеодинамическое состояние геологической среды всего Северо-Кавказского сейсмоактивного региона оценивается как *умеренно аномальное активизированное.*

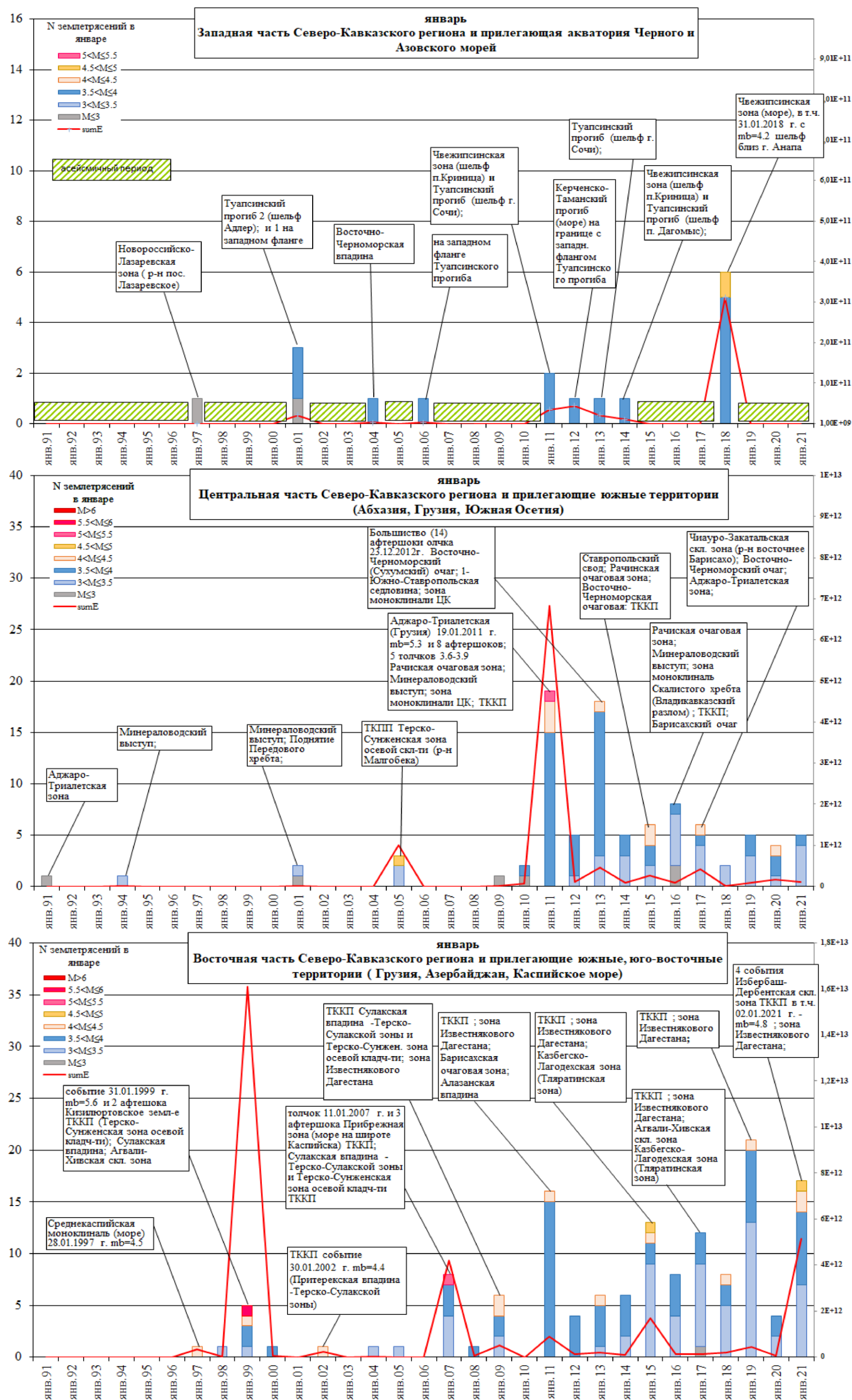


Рис. 14 Графики количества и суммарной энергии землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в январе конкретного года в период 1991-2020 гг., в Западной, Центральной и Восточной частях Северо-Кавказского региона и прилегающих территориях

4.1 Оценка степени сейсмической опасности на февраль 2021 г.

Оценка степени сейсмической опасности на **январь** 2021 г., выполненная в предыдущем месяце, в целом, подтвердилась. Как и прогнозировалось, наибольшее проявление сейсмического процесса, в виде событий слабой, умеренной и повышенной энергии в **январе** 2021 г. зафиксировано в Восточном сегменте Большого Кавказа (от меридиана Владикавказа до шельфа Каспийского моря – 49°).

Как и предполагалось количество сейсмических событий в *Восточной части* Кавказского региона было значительно выше среднемноголетнего уровня для последних лет (10 событий), но не превысило значение самого активного года (21 событие). Подтвердился и прогноз о высокой вероятности реализации на Восточном Кавказе сейсмических событий высоких энергий.

Для *Западного* и *Центрального* сегментов сейсмическая активность слабых и умеренных энергий также не превысила уровня прогнозируемых значений.

Для прогнозной оценки степени сейсмической опасности в **феврале** 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 **феврале** 2021 г. на фоне некоторого сезонного спада (по сравнению с декабрем-январем (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°),

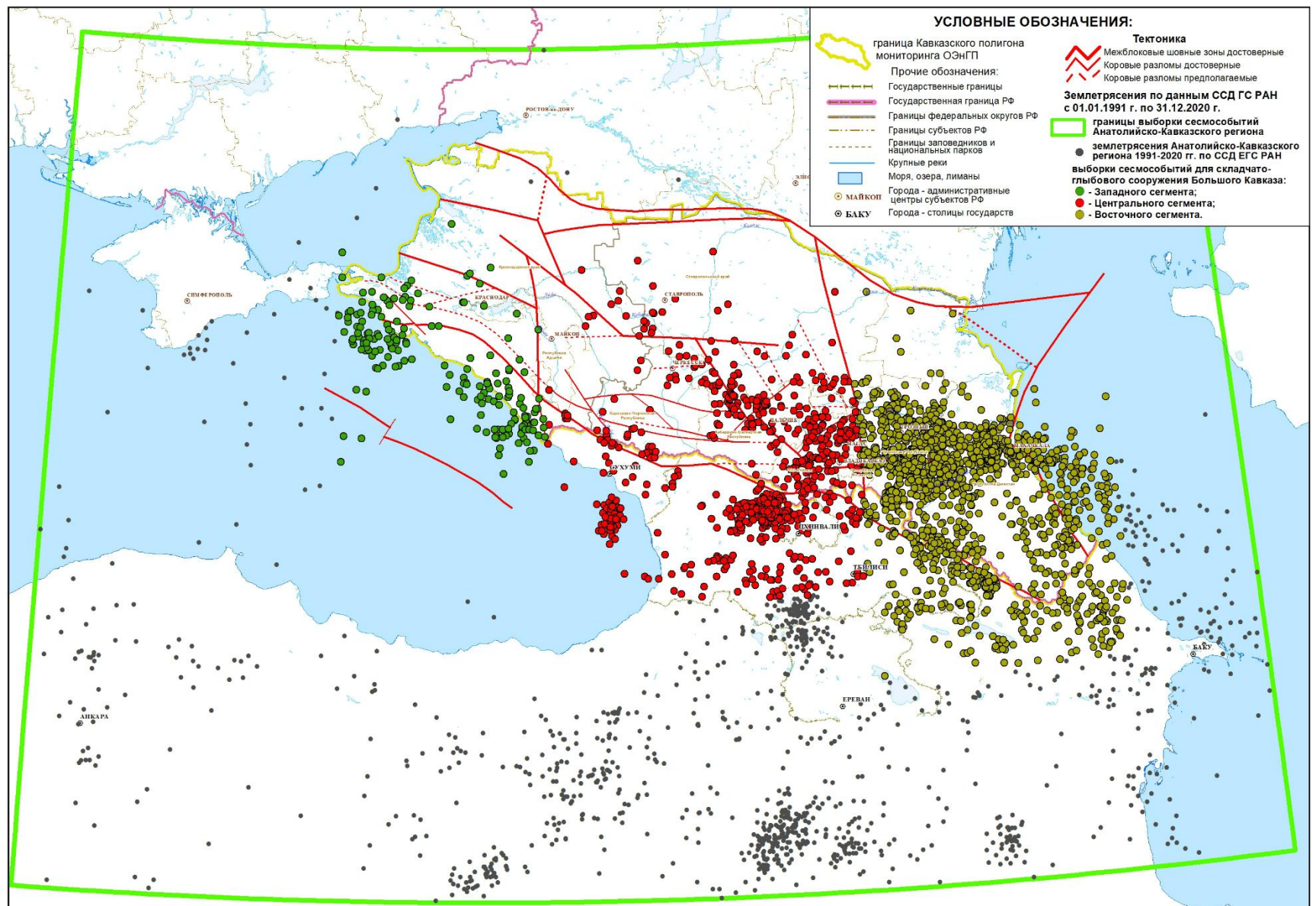


Рис. 15 Сейсмичность Анатолийско-Кавказского региона по данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН за период с 01.01.1991 г. до 31.12. 2020 г. (разным цветом показаны выборки событий: зеленым - Западного, красным - Центрального и желтым - Восточного сегментов Большого Кавказа, по которым рассчитывались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

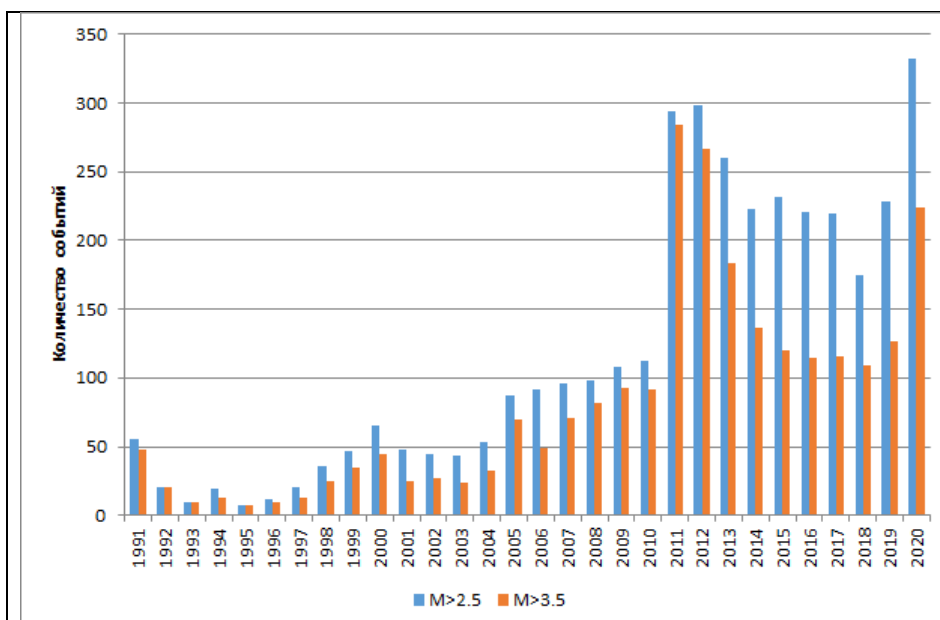


Рис. 16 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в зависимости от магнитуды в Анатолийско-Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг.

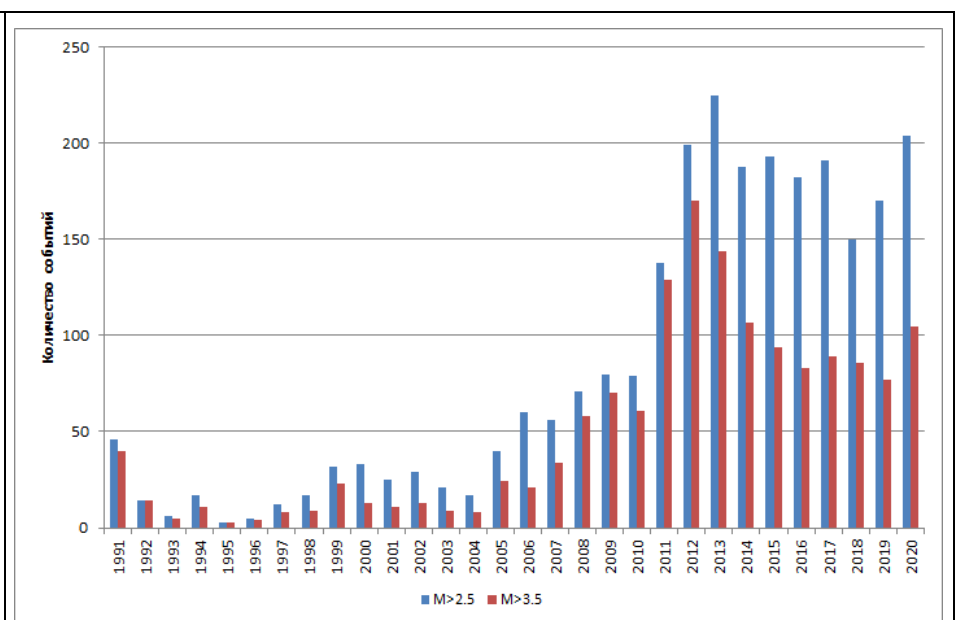


Рис. 17 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в зависимости от магнитуды в Кавказском регионе с 1991 по 2020 гг.

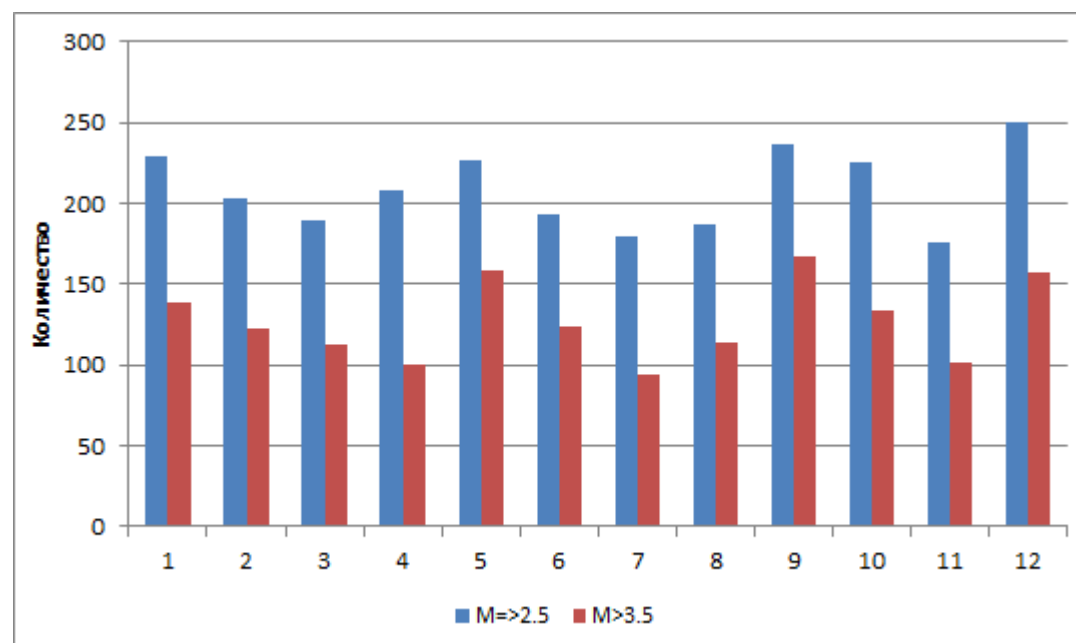


Рис. 18 Количество регистрируемых ССД ЕГС РАН сейсмических событий в Кавказском регионе в зависимости от магнитуды и месяца года с 1991 по 2020 гг.

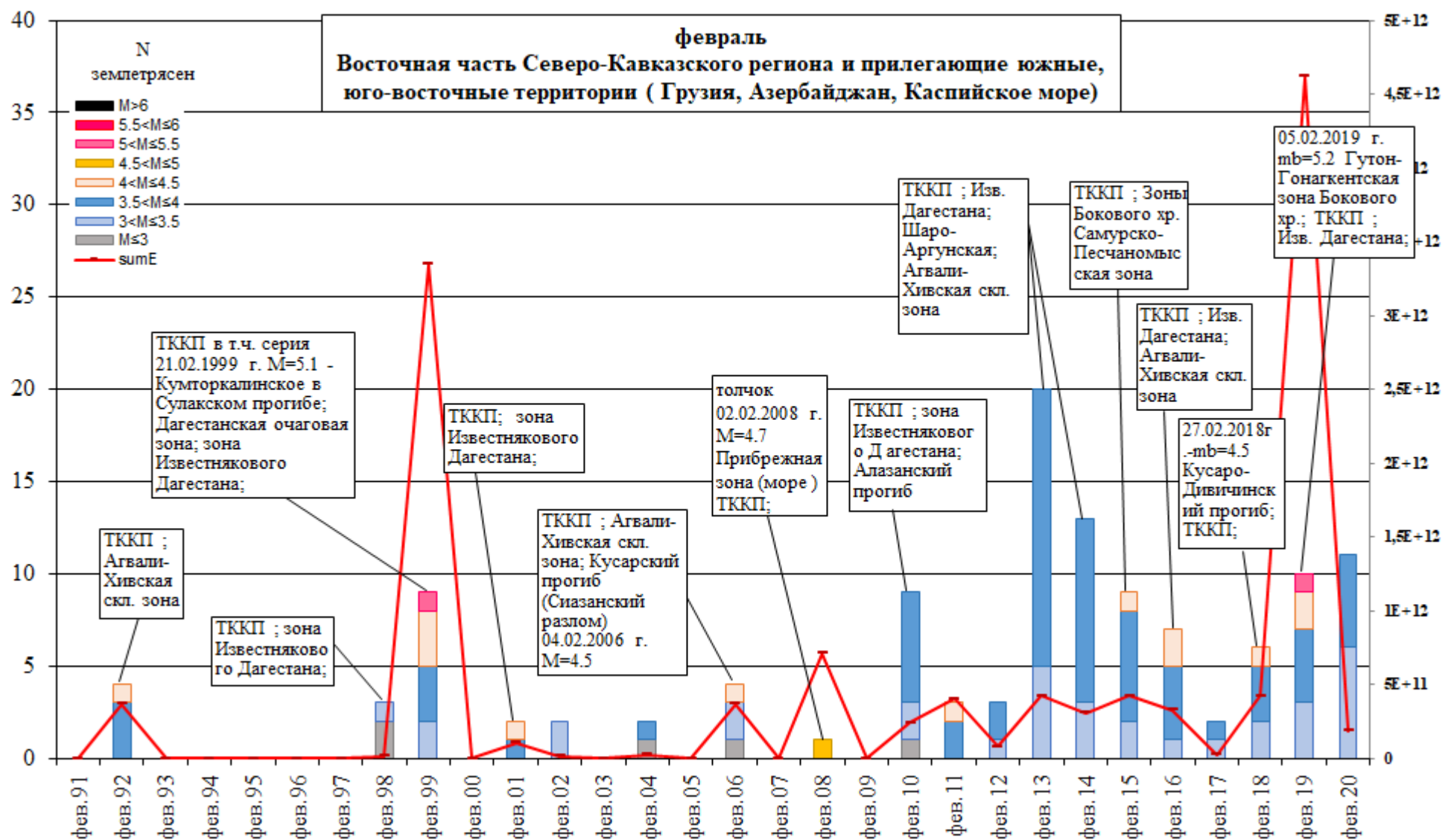


Рис. 19 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в феврале конкретного года в период 1991-2020 гг., в Восточной части Северо-Кавказского региона, на прилегающих южных территориях и акватории Каспийского моря

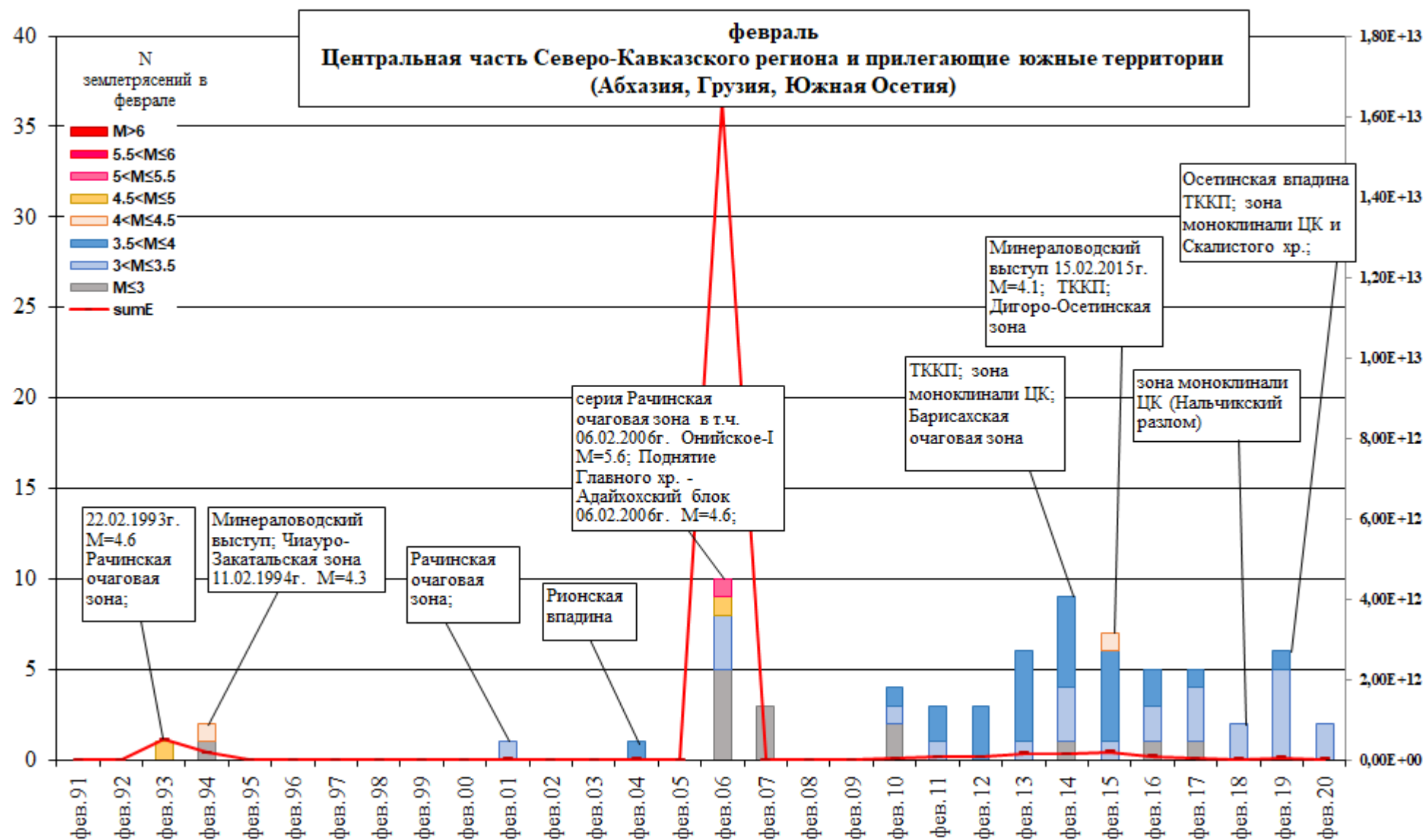


Рис. 20 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в феврале конкретного года в период 1991-2020 гг., в Центральной части Северо-Кавказского региона и на прилегающих южных территориях

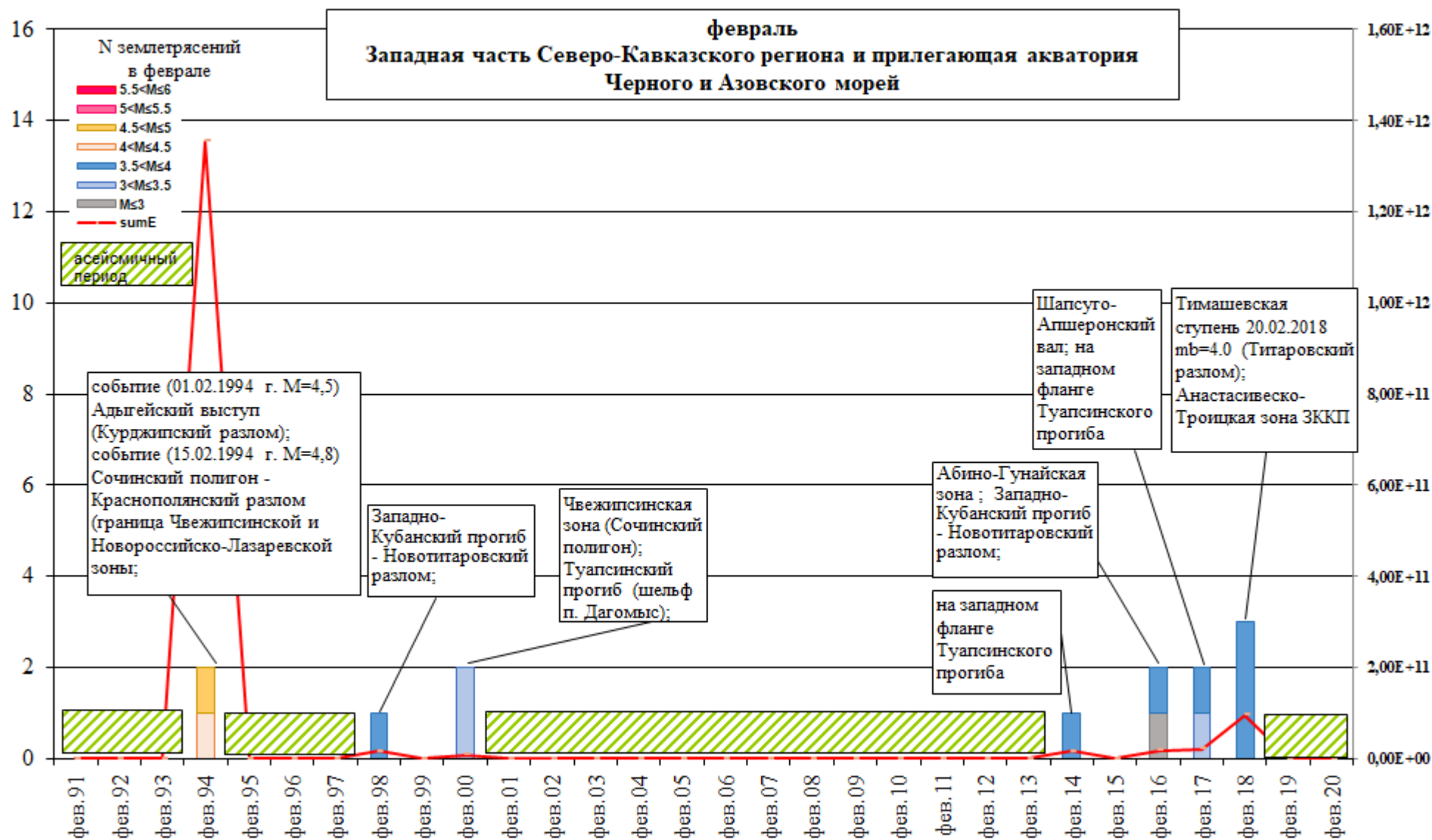


Рис. 21 График количества землетрясений (по данным ССД ЕГС РАН), реализовавшихся в феврале конкретного года в период 1991-2020 гг., в Западной части Северо-Кавказского региона и прилегающей акватории Черного и Азовского морей

с реализацией землетрясений преимущественно слабых и умеренных энергий. Большинство (98,5%) реализовавшихся на Кавказе в феврале сейсмических событий за период 1991-2020 гг. имело магнитуду ($3.0 < M \leq 5.0$). При этом на Кавказе самое сильное для февраля (1991-2019 гг.) Онийское- I землетрясение с $m_b=5.6$ было зафиксировано в феврале 2006 г. (06.02.2006 г.) на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (севернее Рача-Джавской очаговой области).

Из графического анализа сейсмического режима *Восточной части* Северо-Кавказского региона (рис. 19) в **феврале** предыдущих лет, с учетом развития системы регистрации сети ССД ЕГС РАН, выделяется 2013 г. с наибольшим количеством землетрясений ($N=20$) в связи с реализацией рассеянной сейсмичности слабой и умеренной энергии в Терско-Каспийском прогибе (в том числе в морской части), Шаро-Аргунской и Агвали-Хивской зон складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа, в зоне моноклинали Известнякового Дагестана.

По данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН в периоды 1991, 1993-1997, 2000, 2003, 2005, 2007, 2009 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 интервала каталога за последние годы (2011-2020 гг.), с учетом сезонного фактора, а также повышенной сейсмической активности в декабре 2020 г. и январе 2021 г., позволяет предположить, что в **феврале** 2021 г. количество вероятных сейсмических событий M до 5.5 в *Восточной части* Кавказского региона может быть выше уровня среднесюлетних значений для последних лет (8 землетрясений), но скорее всего не превысит значений самого активного года (20 событий).

Реализация большинства событий Восточной части Кавказа происходила в основном в пределах впадин Терско-Каспийского (в том числе в его морской части) и в тектонических зонах складчато-глыбового сооружения Восточного Кавказа (Известнякового Дагестана, Шаро-Аргунской, Агвали-Хивская и т.д.).

Высокая сейсмическая активность, зафиксированная в декабре 2020 г. и январе 2021 г. в *Восточной части* Кавказского региона отражает повышенный уровень напряженности геологической среды, увеличивающий в краткосрочной и среднесрочной перспективе вероятность реализации на Восточном Кавказе сейсмических событий высоких энергий.

Из графического анализа сейсмического режима *Центральной части* Кавказского региона в **феврале** предыдущих лет (рис. 20) наибольшим количеством землетрясений характеризовался 2006 г. ($N=10$) в связи с реализацией сильного Онийского - I (06.02.2006 г.- $m_b=5.6$) землетрясения и 9-ти афтершоков на южной границе складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Рача-Джавская очаговая область).

По данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН в периоды 1991-1992, 1995-2000, 2002-2003, 2005, 2008-2009 гг. не было зафиксировано ни одного землетрясения, видимо вследствие низкой чувствительности сети. В остальные годы наиболее представительного интервала наблюдений (2010-2019 гг.) **февраль** в *Центральной части* Северо-Кавказского региона характеризовался относительно равномерным сейсмическим режимом с реализацией от 2 до 9 событий (в среднем 5) с M до 5.0.

Реализация событий в Центральной части Кавказа происходила в основном на южных склонах складчато-глыбового поднятия Главного хребта Центрального Кавказа (Рача-Джавская очаговая зона), Минераловодского выступа, а также в пределах структур Терско-Каспийского прогиба (западный фланг Терско-Сунженской зоны осевой складчатости, Осетинская и Кабардинская впадины).

В *Центральной части* Кавказского региона в среднесрочной перспективе, с учетом весьма слабой сейсмичности в декабре 2020 г. и умеренной в январе 2021 г. (в том числе режим затишья в Онийско-Рача-Джавской области и текущая активизация слабых энергий на северо-западном фланге Чхалтинской очаговой области), можно ожидать усиления

сейсмической активности в пределах Центрального сегмента Большого Кавказа и Закавказья.

При этом, количество сейсмических событий в *Центральной части* Кавказского региона в **феврале** 2021 г., с учетом сезонного фактора и текущего сейсмического режима, скорее всего не превысит уровня среднееголетних значений сейсмичности последних лет (2011-2020 гг. -5 землетрясений).

Ретроспективный анализ для *Западной части* Северо-Кавказского региона и прилегающей акватории Черного и Азовского морей, показывает высокую неравномерность распределения количества сейсмических событий в **феврале** за последние 30 лет (от полного затишья (77%) до 3 событий).

Из графического анализа (рис. 21) сейсмического режима Западной части Северо-Кавказского региона в **феврале** предыдущих лет по данным оперативного каталога ССД ЕГС РАН в периоды 1991-1993, 1995-1997, 2001-2013, 2015, 2019 гг. не было зафиксировано ни одного землетрясения. При этом, наибольшим количеством землетрясений характеризовался 2018 г. ($N=3$), в том числе в связи с реализацией события 20.02.2018 г. с $m_b=4.0$ на границе Тимашевской ступени (Титаровский разлом). Самые сильные землетрясения в феврале прошлых лет (1991-2019 гг.) для *Западной части* Северо-Кавказского региона были зарегистрированы в 1994 г. Одно событие 01.02.1994 г. ($m_b=4.5$) реализовалось на границе Адыгейского выступа (Курджипский разлом), второе 15.02.1994 г. ($m_b=4.8$) произошло на границе Чвежипсинской и Новороссийско-Лазаревской зон (Краснополянский разлом).

Учитывая повышенную сейсмическую активность для *Западной части* Северо-Кавказского региона, проявившуюся в июне, июле, сентябре, ноябре и декабре 2020 г., при затишье в январе 2020 г., прогнозируется проявление сейсмичности и в **феврале** 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 может быть приурочено как к структурам Туапсинского прогиба и Чвежипсинской зоны в акватории Черного моря, так и сейсмогенным зонам Предкавказья (Западно-Кубанский прогиб и Тимашевская ступень).

Пространственное положение сейсмичности, зафиксированной в **феврале** 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.

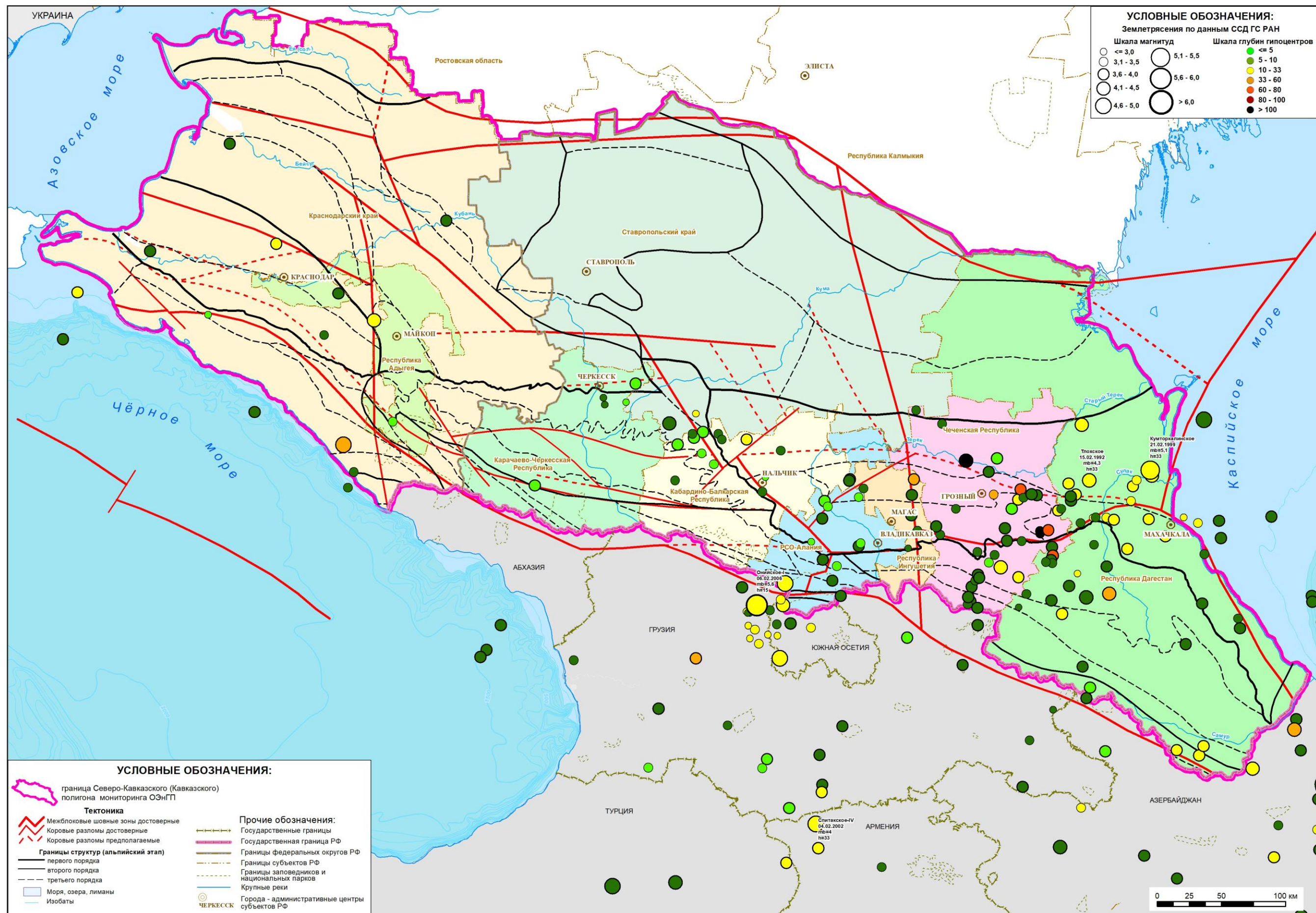


Рис. 22 Карта-схема сейсмичности, зафиксированной в феврале по данным каталога ССД ЕГС РАН за период с 1991-2020 гг. относительно элементов тектонического районирования Северного Кавказа

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В январе 2021 г. проводился мониторинг гидрогеодеформационного поля по 19 скважинам, мониторинг геофизических и газо-гидрогеохимических 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 01.02.2021 г., текущее сейсмогеодинамическое состояние геологической среды всего *Северо-Кавказского сейсмоактивного региона оценивается как умеренно аномальное активизированное*. В том числе в пределах *Западной и Центральной частей* Северо-Кавказского региона, как *умеренно аномальное*, в пределах *Восточной части* Северо-Кавказского региона - как *умеренно-аномальное активизированное*.

По данным сейсмических наблюдений ССД ЕГС РАН и EMSC, а также сейсмического мониторинга локальных наблюдательных сетей филиала «Южный региональный центр ГМСН» в **январе 2021 г.** большинство сейсмических событий на рассматриваемой территории Кавказа произошло в *Восточной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое поднятие Восточного Кавказа и прилегающая акватория Каспийского моря), где было зафиксировано 16 землетрясений слабых, умеренных и сильных энергий с магнитудами (mb) от 3.3 до 4.8 (в том числе на территории *Восточной части* Северного Кавказа 14 событий).

В *Центральной части* Кавказского региона (Предкавказье, складчато-глыбовое сооружение Большого Кавказа) было зафиксировано 8 землетрясений (3 по данным локальной сети) очень слабых и слабых энергий с магнитудами (mb) от 2.0 до 3.8, при этом на территории *Центральной части* Северного Кавказа (6 событий).

В пределах *Западной части* Кавказского региона (территория Предкавказья, складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающие акватории Черного и Азовского морей), в январе 2021 г. сейсмических событий не зафиксировано.

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **январе 2021 г.** на территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья и прилегающего шельфа Каспийского моря было выше среднемноголетнего уровня для последних лет (10 событий), но не превысило значение самого активного года (21). Значение выделившейся сейсмической энергии для территории *Восточной части* территории Кавказа и Предкавказья также было выше среднемноголетнего уровня для января (1991-2020 гг.), в том числе и за счет реализации относительно сильного землетрясения в Избербаш-Дербентской складчатой области.

Количество сейсмических событий, зарегистрированных в **январе 2021 г.** на территории *Центральной части* территории Кавказа было на уровне среднемноголетних значений сейсмичности последних лет (5 землетрясений), при нижних фоновых значениях выделившейся суммарной сейсмической энергии. При этом для отмечается проявление локальной сейсмичности в Архыз-Гузери́пльской зоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа, к которой приурочена Чхалтинская очаговая область потенциальной реализации сильных землетрясений. Продолжение режима сейсмического затишья (с декабря 2020 г.) фиксируется также на южном склоне складчато-глыбового поднятия Центрального Кавказа (Рача-Джавско-Онийская очаговая область).

Для *Западной части* региона (территория Предкавказья и складчато-глыбового сооружения Большого Кавказа, а также прилегающая акватория Черного и Азовского морей), в **январе 2021 г.** был зафиксирован режим сейсмического затишья, довольно частый для января прошлых лет.

На сопредельных территориях в **январе 2021 г.** отмечается возобновление режима сейсмического затишья на северо-западе территории Армении (в Спитакской очаговой области). При этом, явная сейсмическая активизация зафиксирована на юге Грузии в

Параванской очаговой области (на юго-западном фланге Артвинско-Болнисской зоны складчато-глыбового сооружения Малого Кавказа).

Анализ ежедекадных трендов ГГД поля, построенного по имеющимся данным, показал, что на территории Северо-Кавказского региона в январе 2021 г. реализация сейсмических событий слабых и до сильных энергий происходила преимущественно в условиях растяжения геологической среды (в пределах расчетного поля ПНГС). В целом в регионе наблюдается превалирование напряжений растяжения, в том числе с локальными областями преимущественного сжатия в Западной части региона (наиболее обширными по площади во 2-й декаде месяца, в том числе на фоне осадков, наиболее интенсивных на Черноморском побережье).

Оценка степени сейсмической опасности на **январь** 2021 г., выполненная в предыдущем месяце, в целом, подтвердилась. Как и прогнозировалось, наибольшее проявление сейсмического процесса, в виде событий слабой, умеренной и повышенной энергии в **январе** 2021 г. зафиксировано в Восточном сегменте Большого Кавказа (от меридиана Владикавказа до шельфа Каспийского моря – 49°).

Как и предполагалось количество сейсмических событий в *Восточной части* Кавказского региона было значительно выше среднемноголетнего уровня для последних лет (10 событий), но не превысило значение самого активного года (21 событие). Подтвердился и прогноз о высокой вероятности реализации на Восточном Кавказе сейсмических событий высоких энергий. Для *Западного* и *Центрального* сегментов сейсмическая активность слабых и умеренных энергий также не превысила уровня прогнозируемых значений.

Из результатов ретроспективного анализа сейсмического режима за последние 30 лет следует, что в **феврале** 2021 г. на фоне некоторого сезонного спада (по сравнению с декабрем-январем, 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 **январь** 2021 г. и оценки *степени сейсмической опасности* на **февраль** 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., количество вероятных сейсмических событий М до 5.5 в *Восточной части* Кавказского региона может быть выше уровня среднемноголетних значений для последних лет (8 землетрясений), но скорее всего не превысит значений самого активного года (20 событий).

В *Центральной части* Кавказского региона в среднесрочной перспективе, с учетом весьма слабой сейсмичности в декабре 2020 г. и умеренной в январе 2021 г. (в том числе режим затишья в Онийско-Рача-Джавской области и текущая активизация слабых энергий на северо-западном фланге Чхалтинской очаговой области), можно ожидать усиления сейсмической активности в пределах Центрального сегмента Большого Кавказа и Закавказья. При этом, количество сейсмических событий в *Центральной части* Кавказского региона в **феврале** 2021 г., с учетом сезонного фактора и текущего сейсмического режима, скорее всего не превысит уровня среднемноголетних значений сейсмичности последних лет (2011-2020 гг. -5 землетрясений).

Учитывая повышенную сейсмическую активность для *Западной части* Северо-Кавказского региона, проявившуюся в июне, июле, сентябре, ноябре и декабре 2020 г., при затишье в январе 2020 г., прогнозируется проявление сейсмичности и в **феврале** 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