



Д.г.-м.н., зам
директора ИФЗ
им.О.Ю.Шмидта РАН
Е.А. Рогожин

Сеймотектоника центрального сектора Большого Кавказа как основа для сейсмического мониторинга и оценки сейсмической опасности

Е.А. Рогожин

Введение

В соответствии с материалами карты общего сейсмического районирования (ОСР-97) Российской Федерации в центральном секторе Большого Кавказа прогнозируется очень высокий уровень сейсмической опасности VIII-IX баллов по шкале MSK-64. Эти оценки, полученные с позиций обзорного подхода, нуждаются в детальном уточнении, поскольку инструментально зарегистрированная сейсмичность для этих мест проявляется неравномерно и связана с региональными сейсмогенерирующими структурами. Для проведения таких исследований необходимы разработка новых методик, а также создание фундаментальных геодинамических моделей современного строения и развития неоднородной сейсмогенерирующей геологической среды. Разработанный в Институте физики Земли РАН метод выделения зон **возникновения ожидаемых землетрясений** (зон ВОЗ) в детальном масштабе [4; 11], опробованный на примере ряда районов России, и в частности на Северо-Западном Кавказе, в Приэльбрусье [8], на территории Республики Северная Осетия-Алания (РСО-А) [3; 6; 7], позволил получить реальные оценки максимальных возможных магнитуд (сейсмического потенциала, M_{\max}) ожидаемых землетрясений для центрального сектора Большого Кавказа. Причем распределение зон ВОЗ на территории Республик Северная Осетия-Алания и Южная Осетия показывает высокую степень дифференцированности сейсмических проявлений в регионе.

Цель проводимых исследований – выявление коренных причин корового сейсмогенеза на территории центрального сектора Большого Кавказа, включая РСО-А и Республику Южная Осетия, с учетом этих данных о зонах ВОЗ. Мониторинг фоновой сейсмичности, регистрируемой сетью сейсмических станций Геофизической службы РАН, позволяет увязать особенности сейсмического режима территории с сеймотектоническими характеристиками сейсмогенерирующих структур. Использование разработанного в Рос-

сии и широко распространенного на Западе палеосейсмогеологического метода выявления очагов неизвестных древних землетрясений и времени их возникновения дает возможность проверить степень достоверности выявленных зон ВОЗ и оценить сейсмический режим подвижной системы в течение всего голоцена и позднего плейстоцена. В частности, изучение палеосейсмодислокаций в очаговой области Рача-Джавского землетрясения 1991 г. ($M=7.2$) позволит выяснить период повторяемости сильнейших сейсмических событий на южном склоне центрального сектора Большого Кавказа и сравнить его с результатами палеосейсмогеологических исследований на северном склоне. Охарактеризованные по историческому принципу сейсмогенерирующие структуры региона можно сравнить с точки зрения сеймотектонических условий возникновения коровых землетрясений с сеймотектоническими объектами в других сейсмоопасных регионах Кавказа и России в целом. Выявление на этой базе основных черт строения и сейсмической истории сейсмогенерирующих структур является надежной фундаментальной основой для создания системы сейсмического мониторинга и прогнозирования землетрясений в регионе.

Зоны ВОЗ

Исследование и оценка сейсмического потенциала Кавказа, по результатам применения вне-регионального сеймотектонического метода оценки сейсмической опасности, предложенного Г.И. Рейснером [2; 8; 11], показали, что Северный Кавказ представляет собой область весьма высокой сейсмической опасности. Территория Республики Северная Осетия-Алания (РСО-А) в этом отношении не является исключением. На ее территории выделяется несколько зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) с разным уровнем сейсмического потенциала (M_{\max}) [6]. Одна часть зон ВОЗ имеет общекавказское простираие – Нальчикская, Мизурская, Владикавказская (западная ветвь), Главного и Боково-

Таблица 1
Зоны ВОЗ на территории РСО-А, их магнитудный уровень M_{max} , предполагаемые глубины ожидаемых землетрясений и кинематические характеристики

№ на карте	Зона ВОЗ	M_{max}	H, км	Кинематические характеристики
1	Моздокская восточн.	5.0	10	взброс
1	Моздокская западн.	4.0	5	сдвиг
2	Терская северная	4.5	5	взброс
2a	Терская южная	4.5	5	взброс
3	Сунженская северная	6.1	15	взброс
4	Сунженская южная (западная ветвь)	6.5	15	сдвиг
4a	Сунженская южная (восточная ветвь)	6.1	15	взброс
5	Владикавказская (западная ветвь)	6.5	15	взброс
5a	Владикавказская (восточная ветвь)	7.1	20	взброс
6	Нальчикская	5.5	10	Сдвиг
7	Мизурская	6.2	15	Сдвиг
8	Главного хребта	6.2	15	Взброс
9	Бокового хребта	6.3	15	Взброс
10	Кармадонская	6.5	15	Взброс
11	Рача-Джавская	7.5	10	Надвиг

ных дистанционных зондирований. Проводилось дешифрирование спектрозональных, трехканальных космозображений Landsat-4/5 (разрешение 30 м) и Landsat-7 (разрешение 15 м). Дешифрирование космозондирований осуществлялось как в цветном спектрозональном варианте, так и в черно-белом. Для анализа мультиспектральных сканерных снимков использовались различные варианты синтеза изображений. Кроме того, выявление линеаментов производилось и раздельно по каналам. Для выявления линеаментов применен совместный дедуктивно-индуктивный подход: дешифрировались обобщенные структуры на базе сильно генерализованных изображений с последующим увеличением масштаба для детализации и наоборот, выявлялись локальные особенности тектонических и экзогенных структур с последующим уменьшением масштаба и обобщением. При этом использован метод ступенчатой генерализации с квантованием на уровнях 1:25000; 1:50000; 1:100000; 1:200000; 1:300000; 1:400000; 1:500000. В диапазоне масштабов 1:25000 – 1:1 500000 использована космозондированная карта на базе снимков Landsat-7, а в диапазоне 1:500000 –

го хребтов, другая в пределах рассматриваемой территории имеет субширотное простирание – Моздокская, Терская, Сунженская, Владикавказская (восточная ветвь) и Кармадонская. Последние представляют наибольшую опасность для урбанизированных территорий республики (табл. 1, рис. 1). Максимальная магнитуда ожидаемых землетрясений (сейсмический потенциал, M_{max}) и кинематическая характеристика разломных зон, к которым они приурочены, а также ожидаемая глубина очага показаны табл. 1.

В целом наблюдается увеличение значений M_{max} в зонах ВОЗ в направлении с севера на юг, от Предкавказского прогиба к подвижной системе Большого Кавказа (рис. 1), включая южный склон. Если для первой провинции сейсмический потенциал составляет 5,0–6,1, то для второй – 6,3–7,5.

Методика выделения зон ВОЗ

Выделение зон ВОЗ осуществлено на основании интерпретации дан-

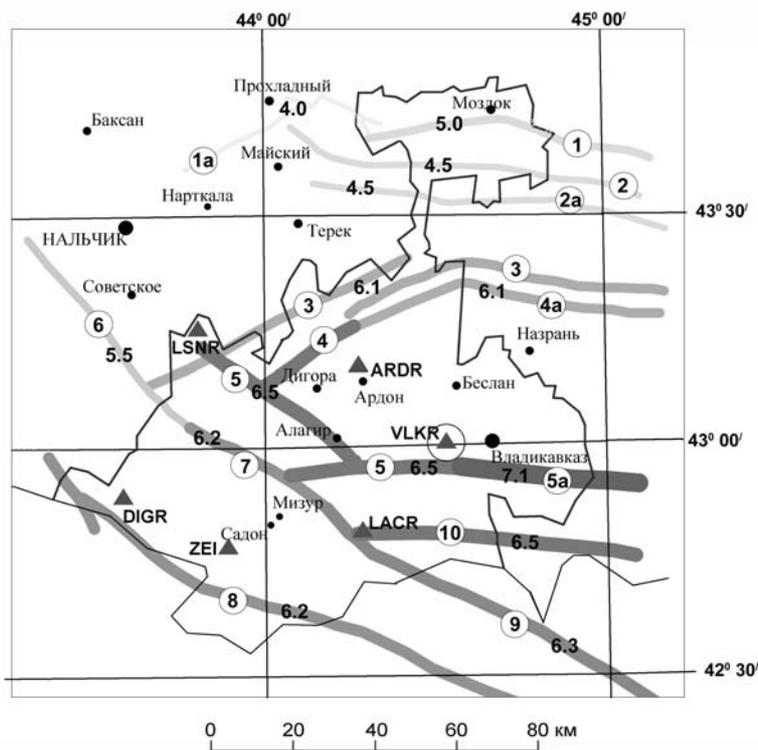


Рис. 1. Зоны ВОЗ РСО-А и Республики Южная Осетия [6]

1:2 млн – космофотокарта, созданная на базе снимков Landsat-4/5.

Протяженные системы линеаментов идентифицировались с известными разломами, и эти разломы были квалифицированы в качестве активных на современном этапе. По названию разломов или крупных населенных пунктов формулировалось название зон ВОЗ. Морфо-кинематика активных разломов служит основанием для квалификации кинематики сейсмогенных смещений в зонах ВОЗ. Глубина гипоцентров ожидаемых землетрясений рассчитывалась из глубины заложения разломов по геофизическим данным и из магнитуды ожидаемых событий [3; 6].

Сейсмический потенциал (M_{\max}) для выделяемых зон ВОЗ оценивался по результатам применения внерегионального сеймотектонического метода для Кавказа в целом [4; 11].

Сейсмичность РСО-А и ее приуроченность к зонам ВОЗ

Исследование сейсмичности проведено по материалам каталога Северного Кавказа, созданного в ГС РАН по данным целого ряда источников

[6; 9; 10] и ежегодно пополняемого результатами непрерывных наблюдений сетей ГС РАН в этом регионе. Представительность магнитудных уровней землетрясений в каталоге в районе РСО-А оценена по графикам повторяемости землетрясений и составила в историческое время вплоть до 1946 г. $M=5-4,5$, в период 1946–1961 гг. – $M=4$, в период с 1962 по 1984 г. – $M=3,5$, в период 1985–2003 гг. (после открытия здесь станции «Цей») – $M=2,5$. Ситуация с чувствительностью сети начала изменяться с 2001 г. с созданием в центре региона новой современной сети сейсмических станций в Республике Северная Осетия-Алания на базе Северо-Осетинской ОМСП ГС РАН, а впоследствии Северо-Осетинского филиала ГС РАН (С-ОФ ГС РАН). В 2004 г. на территории республики работало 6 сейсмических станций, оснащенных цифровым оборудованием и, в основном, короткопериодными сейсмометрами СМЗ-КВ, а к концу 2005 г. число станций достигло 12. В организованном информационно-обрабатывающем центре во Владикавказе начали создавать «Предварительный каталог землетрясений территории РСО-А». Представительным магнитудным уровнем в каталоге становится $M=1,5$. Развитие наблюдений и регистрация слабых событий в этой зоне стимулировало более детальное, относительно [2], исследование зон ВОЗ в этом районе.

На карте сейсмичности за 1250–2003 гг. (до ввода в эксплуатацию цифровой телеметрической сейсмической сети С-ОФ ГС РАН) среди рассеянных по всей карте эпицентров выделяются скопления землетрясений, некоторые из них приурочены к зонам ВОЗ, другие заполняют пространство между зонами (рис. 2), а самые значительные землетрясения с $M \geq 5$ однозначно приурочены к зонам ВОЗ или узловым зонам их сочленения.

Проследим наиболее заметные проявления исторической и современной сейсмичности, с 2000 по 2007 гг., в приуроченности их к выделенным зонам ВОЗ.

Сейсмические проявления в пределах выделенных зон ВОЗ

Моздокская зона. Эта зона, субширотно простирающаяся на участке исследования, является частью Гудермесско-

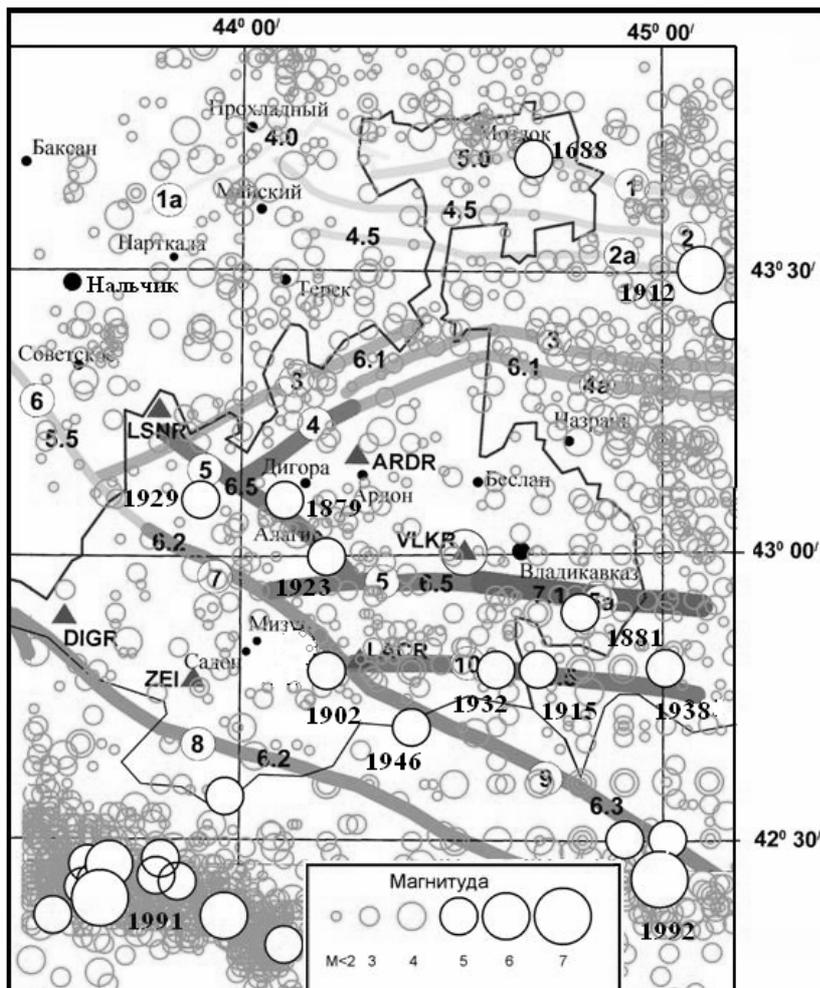


Рис. 2. Наложение эпицентров землетрясений каталога Северного Кавказа за период 1250–2003 г. на схему ВОЗ [6].

Моздокского диагонального глубинного разлома, протягивающегося далее на восток вплоть до «Дагестанского клина» [9].

В восточной части зоны известны ощутимые землетрясения, сильнейшее из них получило название Терское-I, произошло в 1688 г. (± 1 г.) и имело магнитуду $M=5,3$ ($\pm 0,7$) и $I_0=7$ по данным [3]. В 1847 и 1848 гг. в этой очаговой зоне произошли два 5 и 6–7-балльные землетрясения. В западной части Моздокской зоны сильнейшее, из известных, произошло 24 марта 1956 г., имело магнитуду $M=4$ и интенсивность в эпицентре силой $I_0=6$ баллов.

Современным довольно заметным сейсмическим событием здесь был рой из 25 землетрясений, начавшийся 23.12.2001 г., имеющий в своем составе три землетрясения 11-го класса: 23.12.2001 г. в 12^h41^m с $K_p=10,9$, 23.12.2001 г. в 15^h12^m с $K_p=10,7$ и 25.12.2001 г. в 06^h03^m с $K_p=10,9$ [6]. Два из них были ощутимыми до $I=4-5$ баллов. В январе 2002 г. рой продолжился, было зарегистрировано более 20 землетрясений с $K_p=6,8-9,6$, в основном в первую половину месяца. Далее, в течение года здесь же зарегистрировано еще 13 толчков с $K_p=6,1-9,2$. Это – один из многочисленных роев в центральной части Северного Кавказа за последние 10 лет. Реализация роя во времени имела неоднородный характер, выделялись две группы со значительным числом землетрясений: 23–25 декабря 2001 г. и 10–13 января 2002 г. В дальнейшем (2003–2007 гг.) зона испытывала затишье, лишь 25 декабря 2004 г. на западном фланге зоны произошло ощутимое землетрясение до 3–4 баллов с $M=3,5$ возле г. Прохладный.

Терская зона. Эта зона связана с протяженным «Срединным» глубинным разломом.

В южной зоне сильнейшим из известных является 8-балльное Терское-II, которое произошло в 1912 г. и имело $M=5,7$. Это землетрясение имеет заглубленный очаг $h=50$ км, по [6] $h_{\text{макр.}}=70$ км, оно ощущалось до расстояния 700 км, как на юг, так и на север. В северной части зоны известны только слабые землетрясения с $M \leq 3$. Относительное затишье испытывает эта зона ВОЗ на рассматриваемой территории в 2000–2007 гг., здесь регистрируются лишь одиночные слабые землетрясения с $M \leq 2,5$.

На восточном фланге этой зоны на территории Чеченской Республики фиксируется зона мантийных очагов, которая, возможно оказывает влияние на «коровую» сейсмичность Моздокской, Тер-

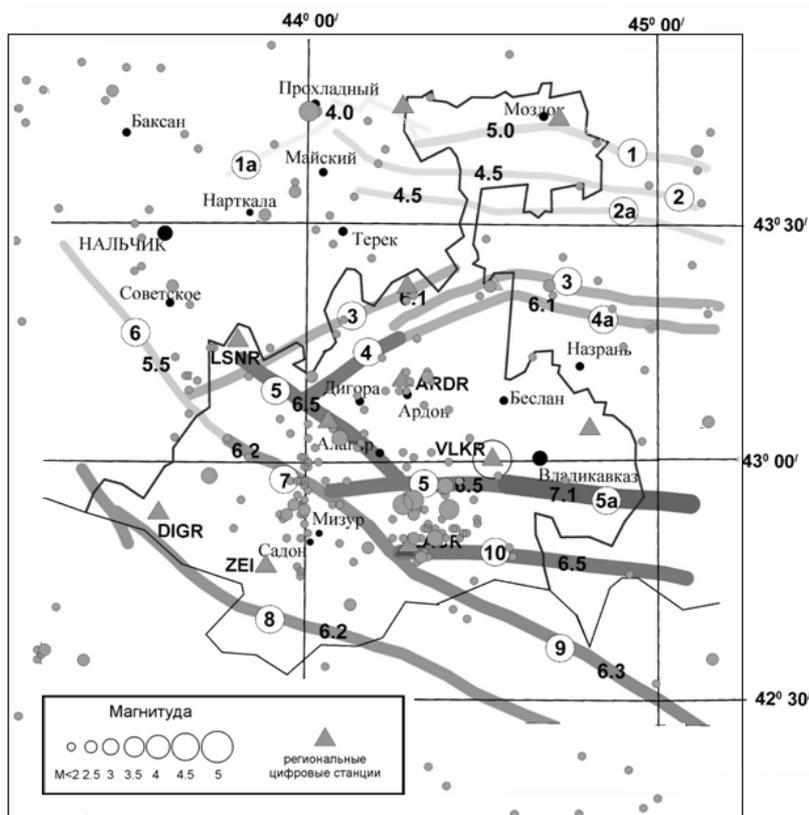


Рис. 3. Наложение эпицентров землетрясений 2004 г. на схему ВОЗ [6]

ской и Сунженской зон. Геотектоническую природу возникновения очагов с мантийными глубинами в этом районе изучал Г.И. Рейснер [4].

Сунженская зона. Эта зона ВОЗ связана с Пшекиш-Тырныаузской зоной глубинных разломов. Северная ветвь этой зоны оконтуривается с северо-запада территории РСО-А, проходя практически по ее границе, и смыкается с Нальчикской зоной ВОЗ. (рис.2). Она, так же, как и две вышеописанные зоны, довольно протяженна. За всю историю здесь не зарегистрировано землетрясений с $M > 4,5$. Однако в восточной части исследуемой территории вблизи нее известны два 7-балльных (1874 г. с $M=4,5$ и 1971 г. с $M=4,1$) и четыре 6-балльных (1861 г., 1872 г., 1958 г., 1970 г.) и десять 5-балльных землетрясений.

В 2002 г. на территории Ингушской Республики вблизи границ с РСО-А в этой зоне выделяется очаг, активность в котором не ослабевала в течение года. В этом «Ингушском» рое за январь-ноябрь было зарегистрировано более 20 землетрясений $M \leq 3,2$. Примерно в этом же месте, в 10 км к северу от северной ветви Сунженской ВОЗ, в 2005 г. вновь происходит серия землетрясений, сильнейшее из которых случилось 7 января и имело $M=4,1$. За основным толчком последовало более 100 афтершоков с $M=0,5-3,5$.

В 2006 г. замечен факт «всплывания» очагов землетрясений и проявления сейсмичности по-

что одновременно в Терской и Сунженской зонах: 12 октября в Терской зоне ВОЗ происходит сильное «мантийное» землетрясение с $M=4,5$, а 14, 20, 21 и 26 октября – в Сунженской ВОЗ происходят очаги в верхней части земной коры с $M=1,8-3,5$, причем землетрясения 21 октября с $M=3,9$ и два 26 октября с $M=2,9$ сместились по этой зоне в сторону Грозного и ощущались в нем с силой 4, 2–3 и 3 балла соответственно.

В 2007 г. эта зона испытывала затишье.

Владикавказская зона. По оценке потенциальной опасности, выражающейся в M_{max} [3; 6; 7; 11], она наиболее опасна. Однако среди ощутимых землетрясений в восточной части известно только одно 5-балльное – 8 ноября 1881 г. с $M=4,7$ (рис.2), а в западной части 8-балльное Северо-Осетинское 1923 г. с $M=4,8$ и 6-балльное 1879 г. с $M=4,6$. В последние годы большая часть слабых событий происходит на ее западном фланге. В 2003–2004 гг. (рис.3) западнее Владикавказа происходили землетрясения, не превышающие $M=3,5$, в 2007 г. еще более слабые землетрясения регистрируются западнее Алагиря. Зона испытывает явное затишье на протяжении значительного периода времени.

Нальчикская зона. В пределах исследуемой территории эта зона отличается умеренной сейсмичностью и отсутствием ощутимых землетрясений. Максимальная магнитуда из всего зарегистрированного здесь ряда землетрясений не превышает $M=3,7$. В последние годы здесь регистрируется рассеянная слабая сейсмичность.

Мизурская зона. Проявление сейсмической активности подобно Нальчикской зоне. Однако здесь на пересечении с Кармадонской зоной известно 7-балльное землетрясение 3 июля 1902 г. с $M=4,7$. В современный период наибольшая активность слабой сейсмичности ($M<2,5$) зарегистрирована в 2004 г. и в 2007 г. примерно в 20 км в области вокруг с. Мизура.

Кармадонская зона. В историческом плане в этой зоне неоднократно проявлялись 7-(1915 г.) и 6-(1932 г.) и 5-балльные (1903 г.) землетрясения. В последние годы лишь в октябре 2004 г. вблизи п. Лац (и одноименной станции) зарегистрирован рой слабых землетрясений.

Рача-Джавская зона. В 1991 г. в этой зоне произошло сильнейшее за всю историю сейсмологических наблюдений на Кавказе Рача-Джавское землетрясение с $M=7,2$ и интенсивностью в эпицентре 8 баллов. Очаговая область была исследована Международной эпицентральной экспедицией, каталог зарегистрированных афтершоков включал в себя 3 792 события [1].

Землетрясение при высокой магнитуде и малой глубине очага не сопровождалось выходом на поверхность сейсморазрыва, но зато спровоцировало активизацию катастрофических склоновых процессов на большой территории [1]. В ряде мест в восточной и центральной частях оча-

говой области оползнями были захвачены переувлажненные рыхлые породы. Главный толчок вызвал образование грязекаменных лавин. Одна из таких лавин уничтожила селение Хохет (здесь число жертв было наибольшим).

По разным методам анализа, основной толчок имел взбросо-надвиговый механизм по весьма пологой плоскости (менее 35°) северо-западного простирания (азимут 300°), наклоненной на северо-восток. Этот механизм хорошо согласуется с геологическими представлениями об одной из главных тенденций геологического развития Большого Кавказа – поддвигании фундамента Грузинской глыбы под тектонические зоны Главного Кавказского. Таким образом, Рача-Джавское землетрясение является одним из первых, хорошо исследованных и описанных случаев сейсмичности, связанной с покровной тектоникой.

В плейстоценовой области Рача-Джавского землетрясения сосредоточено несколько активных разломов. Во-первых, это два поперечных дизъюнктива северо-восточного простирания: на востоке – Цхинвало-Казбекский глубинный разломом, на западе – Рионо-Осетинский разломом [1; 2]. Поперечные разломы разделяют складчатую систему Большого Кавказа на поперечные сегменты. С запада на восток это – Сванетский, Рачинский и Картлинский отрезки. Очаг Рача-Джавского землетрясения согласно распределению поверхностных нарушений и эпицентров повторных толчков пространственно совпадает с Рача-Лечхумским отрезком Кахетинско-Лечхумской шовной зоны – крупнейшего тектонического нарушения южного склона Большого Кавказа. Рача-Лечхумская шовная зона отделяет друг от друга Дзирульский выступ срединного массива Грузинской глыбы, расположенный к югу, и складчатую зону южного склона Большого Кавказа, находящуюся на севере. Хотя плоскость смещения в очаге не совпадает непосредственно с плоскостью этой крупной разломной зоны, но структурная привязка самого очага к ней несомненна.

Построение трехмерной томографической модели латерального и вертикального распределения неоднородностей в очаговой зоне Рача-Джавского землетрясения позволяет понять глубинное строение геологической среды и соотношение поверхности сместителя в очаге с основными структурами в недрах [1].

Согласно полученным данным, четко выделяются два основных глубинных подразделения в верхней части земной коры – кристаллический фундамент Дзирульского выступа со скоростями $V_p=6,5-7,5$ км/с и осадочно-вулканогенный чехол со скоростями 3,0–4,5 км/с в области развития осадочных пород на южном склоне складчатой системы и 4,5–5,5 км/с в местах распространения вулканических толщ, образующих чехол Грузинской глыбы.

На всей территории очаговой области поверхность раздела фундамента и чехла залегает при-

мерно на одной глубине – 8–10 км, немного заглубляясь к северу. С востока и запада выявлены резко выраженные уступы, на которых поверхность фундамента быстро погружается до глубины 15 км (на западе) и 17–18 км (на востоке). Эти уступы в структуре поверхности фундамента отвечают вышеупомянутым поперечным разломам, которые ограничивают Дзирульский выступ на западе от Рионской, а на востоке – от Картлинской межгорных впадин.

Главная тектоническая линия южного склона Большого Кавказа – Кахетино-Лечхумский глубинный разлом – выражен на поверхности в виде узкой и протяженной Рача-Джавской линейной синклинальной депрессии. На поверхности фундамента эта зона прослеживается в виде узкой протяженной полосы сравнительно пониженных скоростей сейсмических волн. Приразломная зона в виде «кармана» низкоскоростного материала разделяет высокоскоростной блок фундамента на южную и северную половины, которые в виде выступов обрамляют близширотную зону Кахетино-Лечхумского разлома. В чехле этот разлом отделяет зоны более высокоскоростных ($V_p=5,5-6,0$ км/с) вулканических и карбонатных мезо-кайнозойских пород на юге, от осадочных терригенных и флишевых мезозойских образований с низкими скоростями ($V_p = 4,5-5,5$ км/с), слагающих северную часть очаговой зоны.

Неоднородность облака афтершоков адекватно коррелирует с вертикальными и латеральными неоднородностями, выявленными методом сейсмической томографии. В целом отмечается приуроченность основной массы афтершоков к разделу высоко- и низкоскоростных горизонтов верхов коры, идентифицируемых соответственно с фундаментом и чехлом. При этом латеральные сгущения гипоцентров афтершоков соотносятся с выступами высокоскоростного фундамента. В направлении с юга на север отмечается некоторое небольшое погружение поверхности фундамента и более крутое погружение в этом же направлении облака гипоцентров афтершоков. В связи с такими взаимоотношениями афтершоки в южной части очаговой области расположены в основном в толще чехла, а в северной – больше в теле фундамента.

В целом картина глубинного строения очаговой области Рачинского землетрясения, выявленная методом сейсмической томографии, подтверждает выводы о ее строении, полученные ранее на основании анализа геолого-геофизических данных [1; 2; 5]. В поле скоростей продольных сейсмических волн удалось на разрезах по глубине выделить древний кристаллический фундамент и осадочно-вулканогенный мезозойско-кайнозойский чехол. В толще чехла выявлены неоднородности скоростей продольных сейсмических волн, отвечающие вулканогенной и осадочной зонам разреза мезозойских пород. Оконтур-

рен в поле сейсмических скоростей выступ фундамента Дзирульского массива на западе и востоке. В теле фундамента выявлены низкоскоростные линейные неоднородности, отвечающие зонам активного Кахетино-Лечхумского разлома и двух транскавказских линейно-разломных зон. Отмечается общая корреляция положения облака гипоцентров афтершоков на глубине с разделом скоростей, отвечающим границе чехол-фундамент.

В 2006 г. обозначилась новая активизация этой зоны ВОЗ. На фоне сейсмического затишья в 2002–2005 гг. возник рой слабых и умеренных сейсмических событий, сильнейшее из которых имело магнитуду около 5. Всего сейсмологической сетью Северо-Осетинского филиала ГС РАН зарегистрировано более сотни землетрясений. Толчки практически полностью охватили очаговую область Рача-Джавского землетрясения 1991 г.

Палеосейсмические события

Часть из выделенных зон ВОЗ – Владикавказская (восточная ветвь, $M_{\max}=7,1$) и Кармадонская ($M_{\max} = 6,5$) – представляют наибольшую опасность для урбанизированных территорий РСО-А (см. табл., рис. 1). Начатый в 2004 г. мониторинг распределения эпицентров землетрясений, которые регистрируются на территории РСО-А сетью станций Северо-Осетинского филиала ГС РАН, показал, что именно эти зоны ВОЗ в период 2002 – 2008 гг. демонстрируют весьма низкую сейсмическую активность на уровне фоновой сейсмичности [6]. То есть, возможно, они представляют собой зоны затишья («сейсмические бреши» по С.А. Федотову [12]), в которых повышена вероятность возникновения сильного землетрясения в ближайшие годы. В процессе проведенных в 2006–2008 гг. в пределах зон ВОЗ высокогорной и предгорной частях РСО-А полевых палеосейсмогеологических работ были обнаружены очевидные следы древних сейсмических катастроф – палеосейсмодислокации. Представлены они, прежде всего, грандиозными обвалами, оползнями и древними сейсмическими разрывами, структурно приуроченными к зонам разломов, демонстрирующих признаки молодой геологической активности. Сейсмические сотрясения в прошлом были локализованы в достаточно узких зонах на активизированных участках известных разломов, образующих Владикавказскую и Кармадонскую зоны ВОЗ. Датирование сейсмогенных нарушений рельефа радиоуглеродным методом позволило восстановить возраст древних сейсмических катастроф. Так, в горной части РСО-А для периода 9 тысяч лет выявлены следы 7 сильных сейсмических событий с периодом повторяемости от 500 до 3 тысяч лет [3; 7]. То есть периоды сейсмических активизаций в этой части Северного Кавказа имеют четкую временную периодичность. Результаты изучения деформаций

позволяют предполагать, что в недалеком геологическом прошлом все ветви Владикавказской разломной зоны испытывали импульсные обновления, причиной чего, видимо, служили сильные землетрясения. По своей морфо-кинематике активные разрывы представляют собой крутые взбросы, амплитуда одноактных смещений по которым обычно не превышает 0,5 м. Как правило, взброшенным является северное крыло разрыва. Помимо сейсморазрывов происходило также образование и крупных, блоковых оползней. В целом в результате проведенных исследований удалось показать, что высокий прогнозный сейсмический потенциал зон Владикавказского и Кармадонского разломов действительно реален, и это надо учитывать при оценке сейсмической опасности крупных городов, сел и ответственных сооружений на территории РСО-А.

Выводы

1. Проведенное исследование показывает, что как историческая, так и современная сейсмичность территории РСО-А, а также РЮО, концент-

рируется вблизи или в пределах выделенных зон ВОЗ, особенно это заметно на примере самых сильных землетрясений.

2. Проявление слабой сейсмичности в последние годы, когда в этом районе была создана современная сеть сейсмического мониторинга СОФ ГС РАН, указывает на миграцию в пространстве слабых очагов, особенно вдоль Кармадонской, западной Владикавказской и Сунженской зон; эпицентры окружают с юга, запада и востока наиболее опасную Владикавказскую зону ВОЗ.

3. Показано, что перед возникновением сейсмической активизации 2006 г. в Рача-Джавской зоне ВОЗ в период 2002–2005 гг. в ней отмечалось сейсмическое затишье.

4. Характер реализации очагов фоновой сейсмичности во времени (режим затишья) может указывать на участки зон ВОЗ, в которых в ближайшие годы можно ожидать возникновения сильных и умеренных землетрясений с очагами в земной коре.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 08-05-00103-а и 09-05-10008-к). Автор выражает благодарность сотрудникам Геофизической службы РАН И.П.Габсатаровой и Э.В.Погоде за полезное сотрудничество, а также руководителю Владикавказского научного центра РАН и Правительства РСО-А А.Г.Курсраеву за постоянное внимание к этим работам.

Литература

- 1. Арефьев С.С., Рогожин Е.А., Быкова В.В., Дорбат К.** Глубинная структура очаговой зоны Рачинского землетрясения по сейсмотомаграфическим данным. // Физика Земли, 2006, № 1. С. 30–44.
- 2. Богачкин Б.М., Борисов Б.А., Рогожин Е.А.** Рачинское землетрясение 29 апреля 1991 г.: Результаты геологического обследования // Физика Земли. 1992, № 8. С. 12–23.
- 3. Овсяченко А.Н., Мараханов А.В., Новиков С.С., Рогожин Е.А.** Сейсмоструктурные исследования зоны Владикавказского активного разлома на территории Республики Северная Осетия-Алания // Вестник ВЦ РАН и РСО-А, т. 8, № 3, 2008, С. 37–49.
- 4. Рейснер Г.И., Иогансон Л.И.** Комплексная типизация земной коры как основа для решения фундаментальных и прикладных задач. Статьи 1 и 2, Бюлл.МОИП, 1997 отд. геол., т. 72, вып.3. С. 5–13.
- 5. Рогожин Е.А., Богачкин Б.М.** Альпийская и новейшая тектоника района Рачинского землетрясения // Физика Земли. 1993. N 3. С. 3–11.
- 6. Рогожин Е.А., Габсатарова И.П., Погода Э.В.** Зоны ВОЗ и сейсмичность территории Республики Северная Осетия-Алания // Сейсмичность Северной Евразии. Мат. Междун. конф., посвященной 10-летию выпуска сб. научн. тр. «Сейсмичность Северной Евразии». – Обнинск, 2008. С. 243–249.
- 7. Рогожин Е.А., Мараханов А.В., Овсяченко А.Н.** О соотношении землетрясений, вулканизма и катастрофических пульсаций ледников Северной Осетии в голоцене. Материалы V международной конференции: «Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования». (21–23 сентября 2004г. Владикавказ). – Владикавказ: Изд. «Терек» СКГМИ, 2004. С. 229–235.
- 8. Рогожин Е.А., Собисевич Л.Е., Нечаев Ю.В.** и др. Геодинамика, сейсмоструктура и вулканизм Северного Кавказа / Под ред. акад. Н.П. Лаврова. – М., 2001. 338 с.
- 9. Смирнова М.Н., Бражник В.М., Чуприн В.В., Дадашев С.Г.** Геодинамика и нефтегазонасыщенность Грозненской купольно-кольцевой структуры (по геолого-геофизическим данным) // Поиски и освоение месторождений термальных вод Дагестана. – Махачкала, Ин-т проблем геотермии Даг Фан СССР, 1984, вып.1. С. 30–39.
- 10. Чартарян Э.А.** Сейсмичность и хронология землетрясений юга Северо-Осетинской АССР // Сейсмологический бюллетень Кавказа, 1979 г. – Тбилиси: Ин.-т геоф. 1982. С. 227–245.
- 11. Шолпо В.Н., Рейснер Г.И., Рогожин Е.А.** Идеи академика Г.А. Гамбурцева в сейсмоструктурной геологии // Физика Земли, 2004, № 5, С. 68–79.
- 12. Федотов С.А.** О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе // Сейсмическое районирование СССР. – М.: Наука, 1968. С.121–150.