

**Е.А.Рогожин, А.В. Горбатиков,
В.Б. Заалишвили, М.Ю. Степанова,
Ю.В. Харазова, Н.В. Андреева,
Овсюченко А.Н., Лутиков А.И.**

**Новые представления о
глубинном строении,
тектонике и геодинамике
Большого Кавказа.
Оценка сейсмической
опасности**

Владимир Владимирович Белоусов

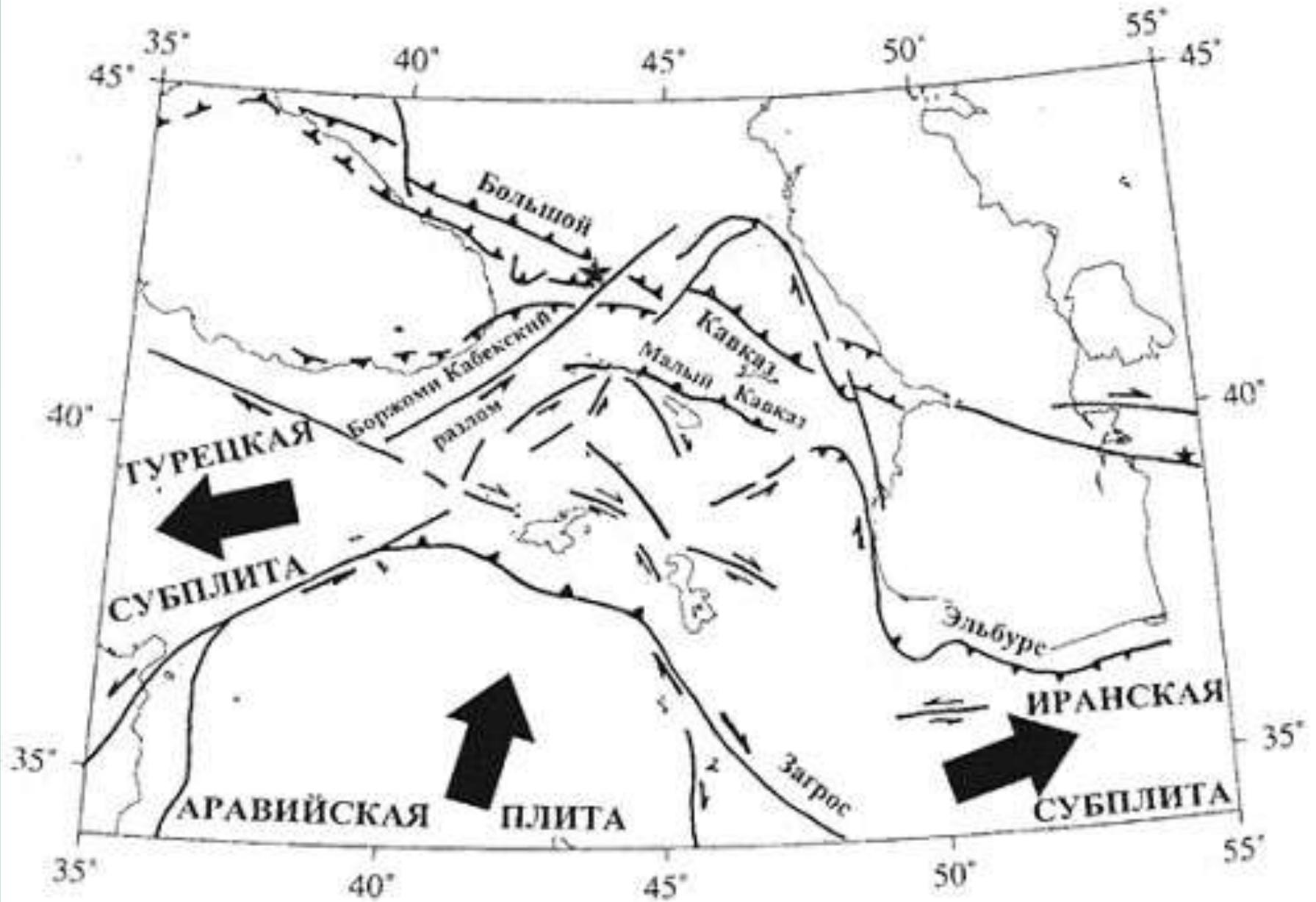
всегда считал Кавказ природной тектонической лабораторией, сам принимал участие в полевых исследованиях и поощрял сотрудников разрабатывать разные стороны проблем глубинного строения, геодинамики и сейсмотектоники

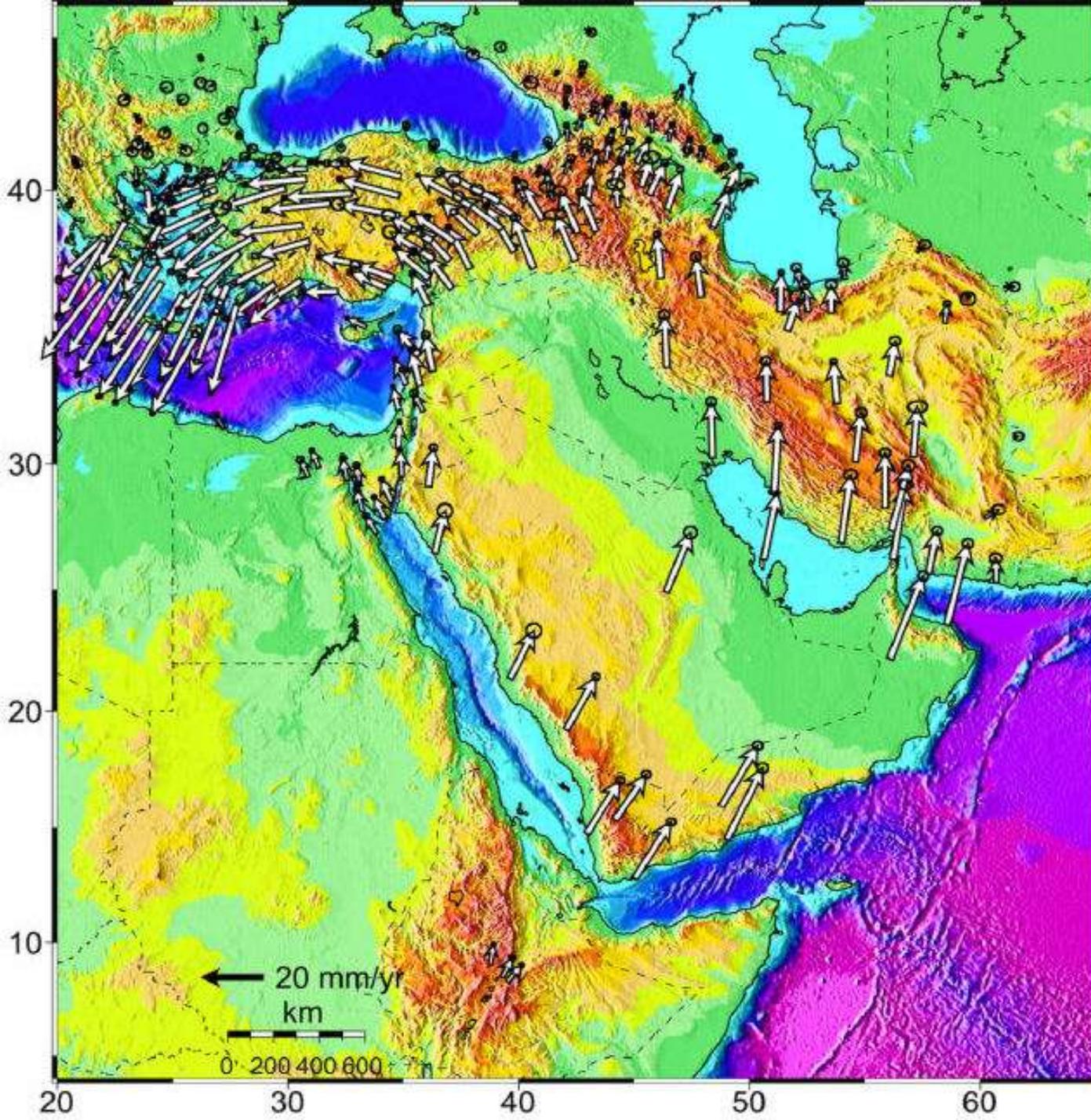
Вопросы глубинного строения и геодинамики

- ◆ Северный Кавказ является наиболее геодинамически активным регионом европейской части Российской Федерации. Ранее проведенные здесь исследования альпийских складчатости и орогенеза, в частности, количественные оценки горизонтального сокращения поверхности базировались в основном на абстрактных представлениях о складкообразовании и горообразовании в результате коллизии Евразийской и Аравийской литосферных плит. При этом результаты геодезических наблюдений за горизонтальными движениями поверхности методом GPS как бы подтверждают эти представления.
- ◆ В.В. Белоусов в 80-е - 90-е годы прошлого века придерживался иного мнения о природе сил, вносящих основной вклад в процессы орогенеза и складчатости. Он полагал, что внутренние процессы дифференциации вещества в недрах и адвективные движения в верхних горизонтах литосферы вполне могут обеспечить внутренние деформации в Кавказском сегменте альпийского пояса.

- ◆ Для адекватного решения вопроса о вкладе процесса сближения литосферных плит и внутренних процессов в литосфере в новейшую и современную геодинамику региона не хватает данных о глубинном строении земной коры и верхов мантии. Проведенные в 60-е -70-е годы XX века геофизические исследования, использовавшие в основном методы ГСЗ и МОВЗ, оказались недостаточными для построения адекватной геодинамической модели региона. Поэтому представления о причинах деформаций в подвижной системе остаются не доказанными.
- ◆ Использование разработанного в последнее десятилетие и активно применяемого в разных геодинамических обстановках метода микросейсмического зондирования (ММЗ) в комплексе с другими геолого-геофизическими методами открывает новые возможности для понимания глубинного строения Большого Кавказа, причин новейшего орогенеза и складчатости.
- ◆ Составлены профиль ММЗ в Осетинском секторе Большого Кавказа, пересекающий все зоны мегантиклинория в центральной части, и профиль в западной периклинальной зоне. Эти материалы дают ясное представление о глубинном строении складчатого сооружения и о природе сил, обеспечивающих современный орогенез.

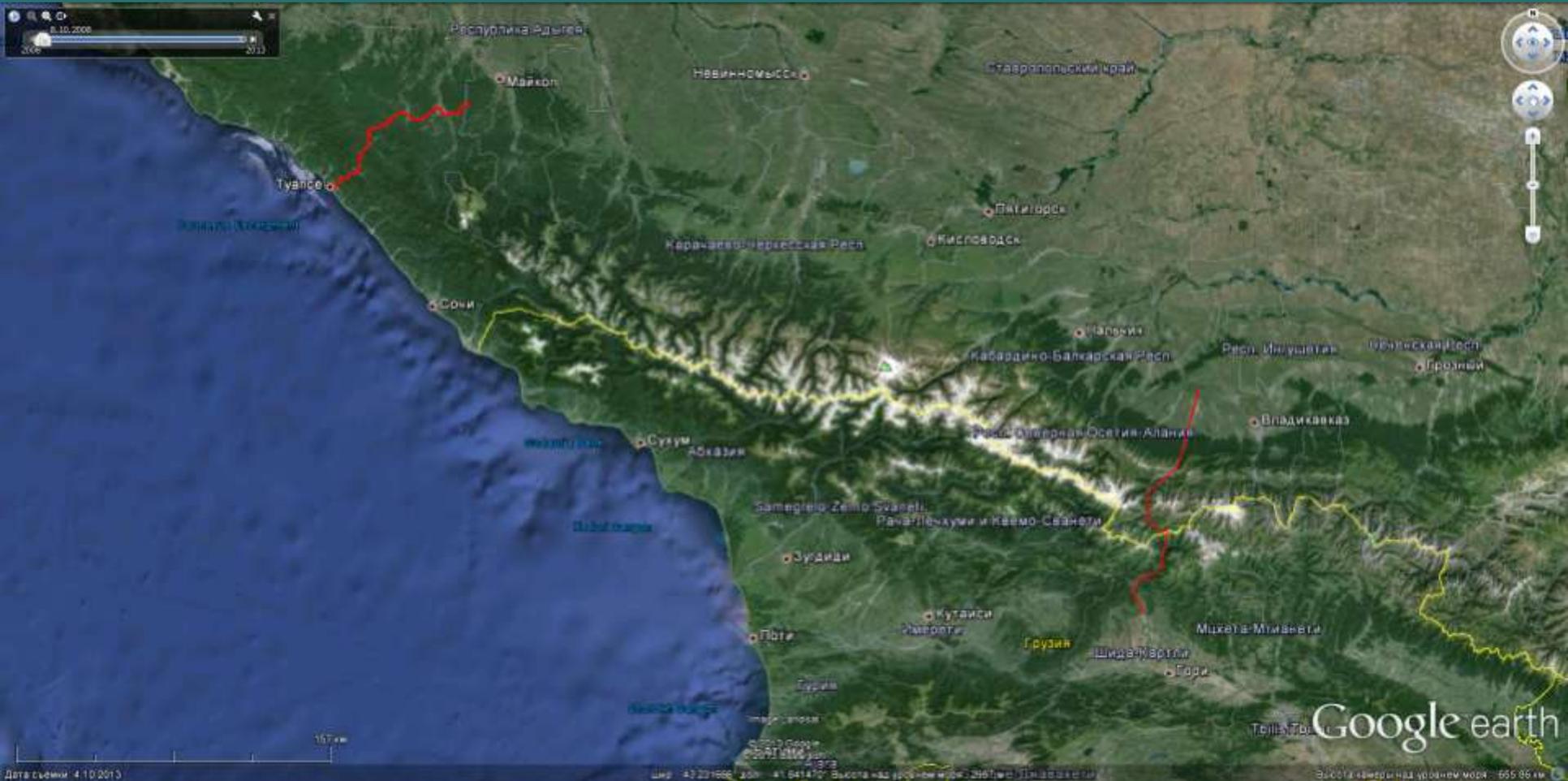
Геодинамическая модель Кавказа



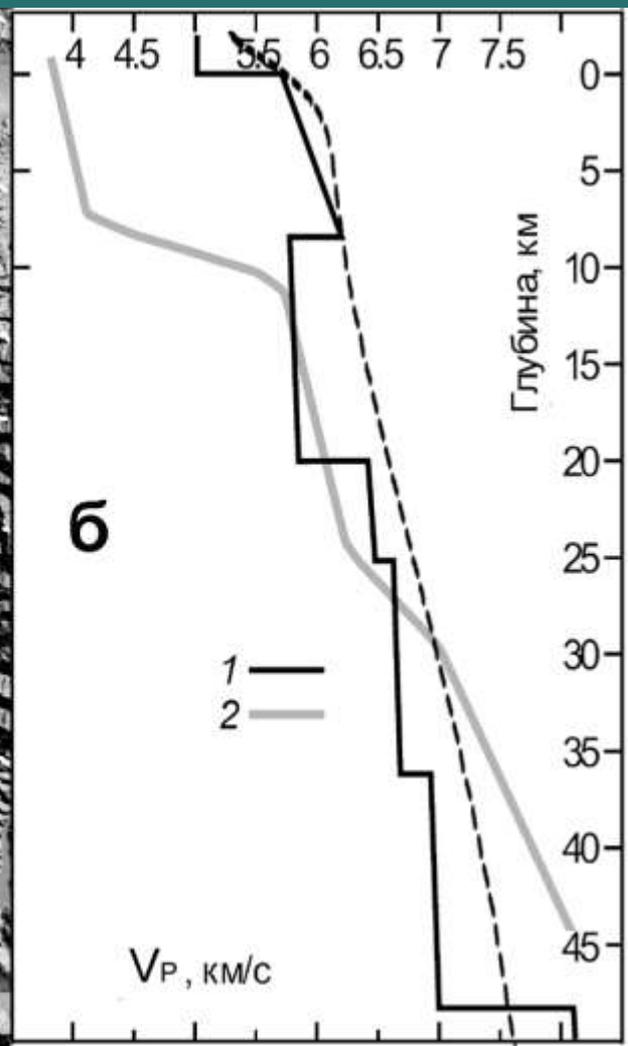
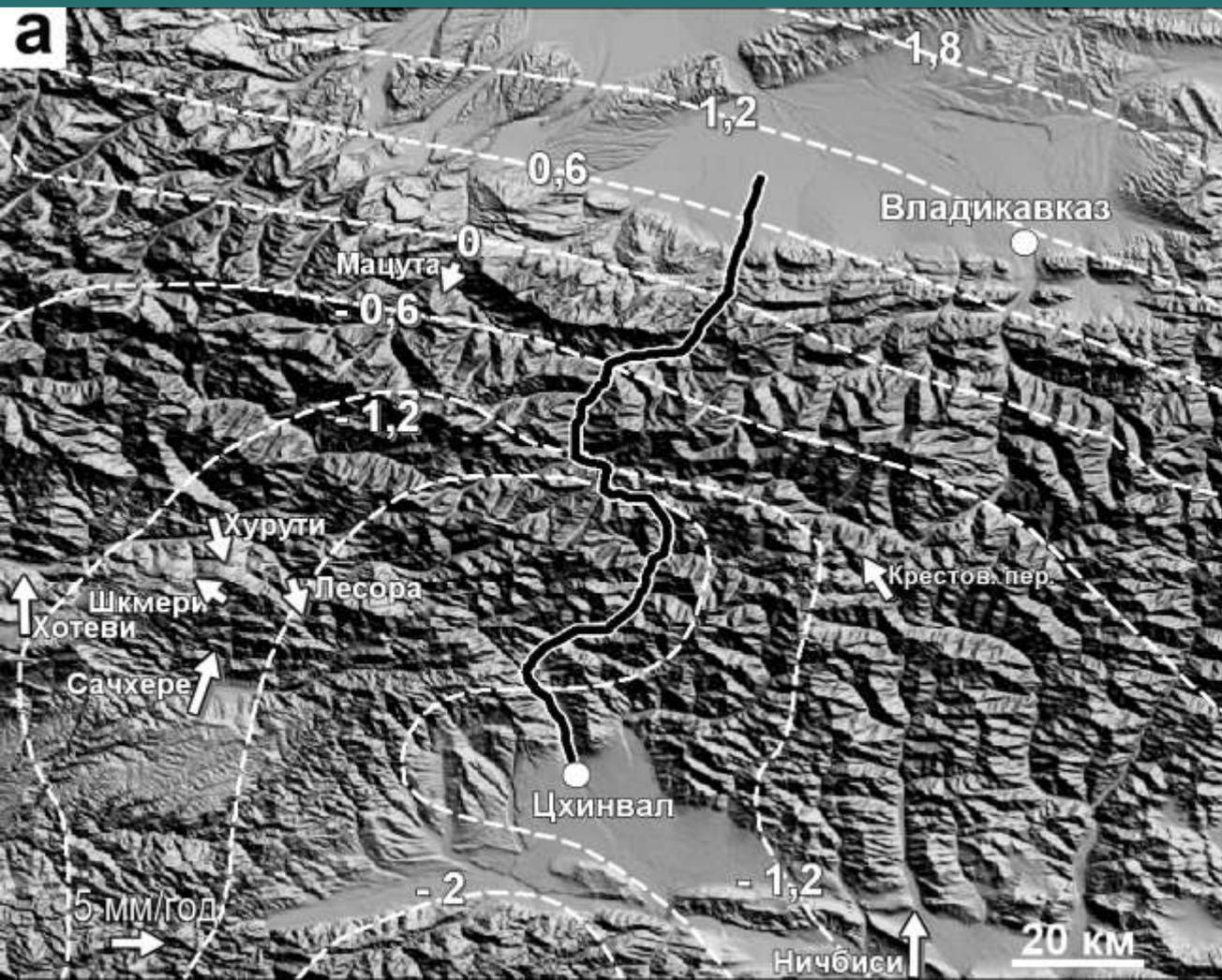


Современные
горизонтальные
движения
Средиземноморского
пояса по
данным
GPS
[Reilinger et
al., 2006]

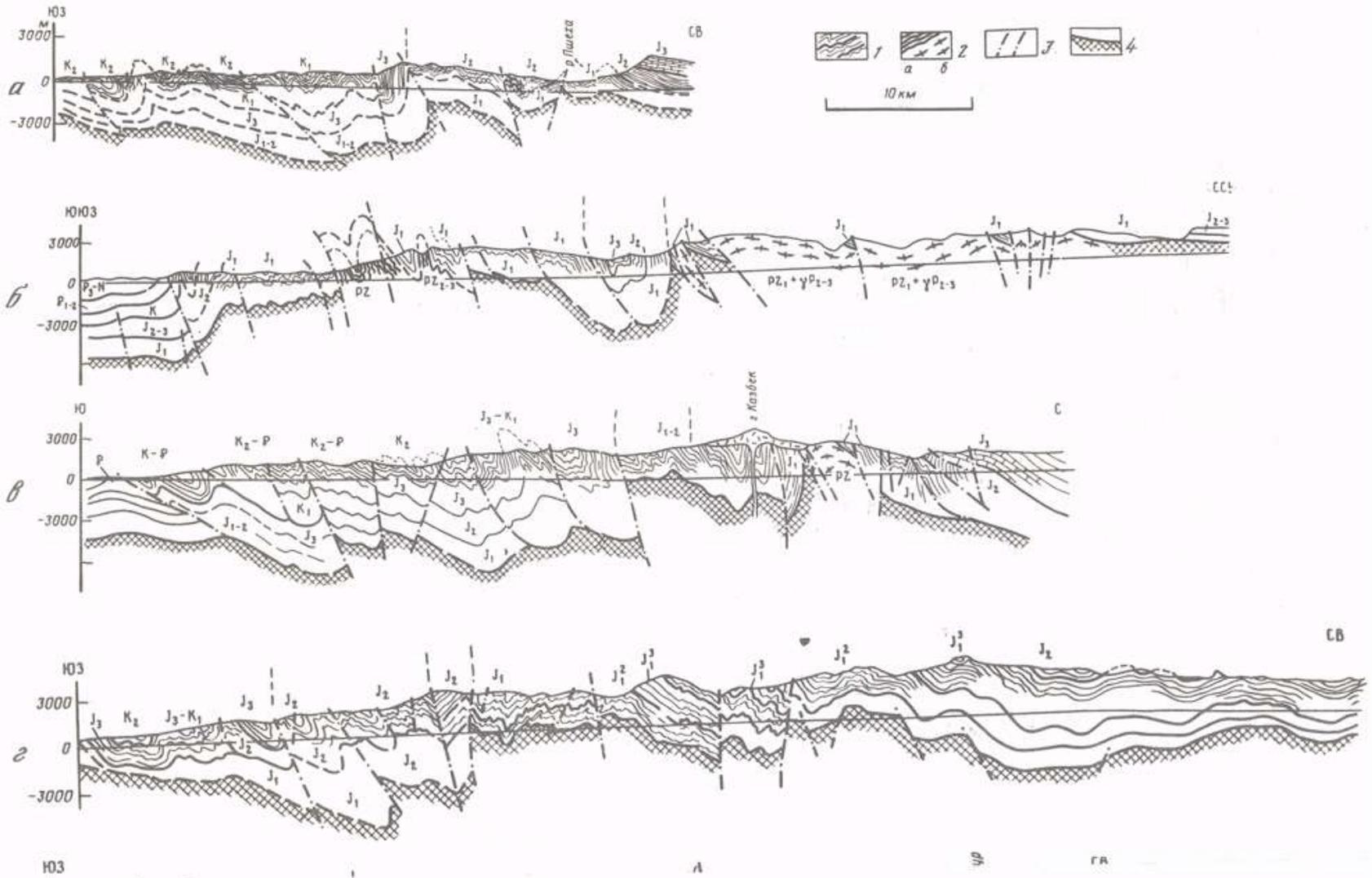
Положение геолого-геофизических профилей



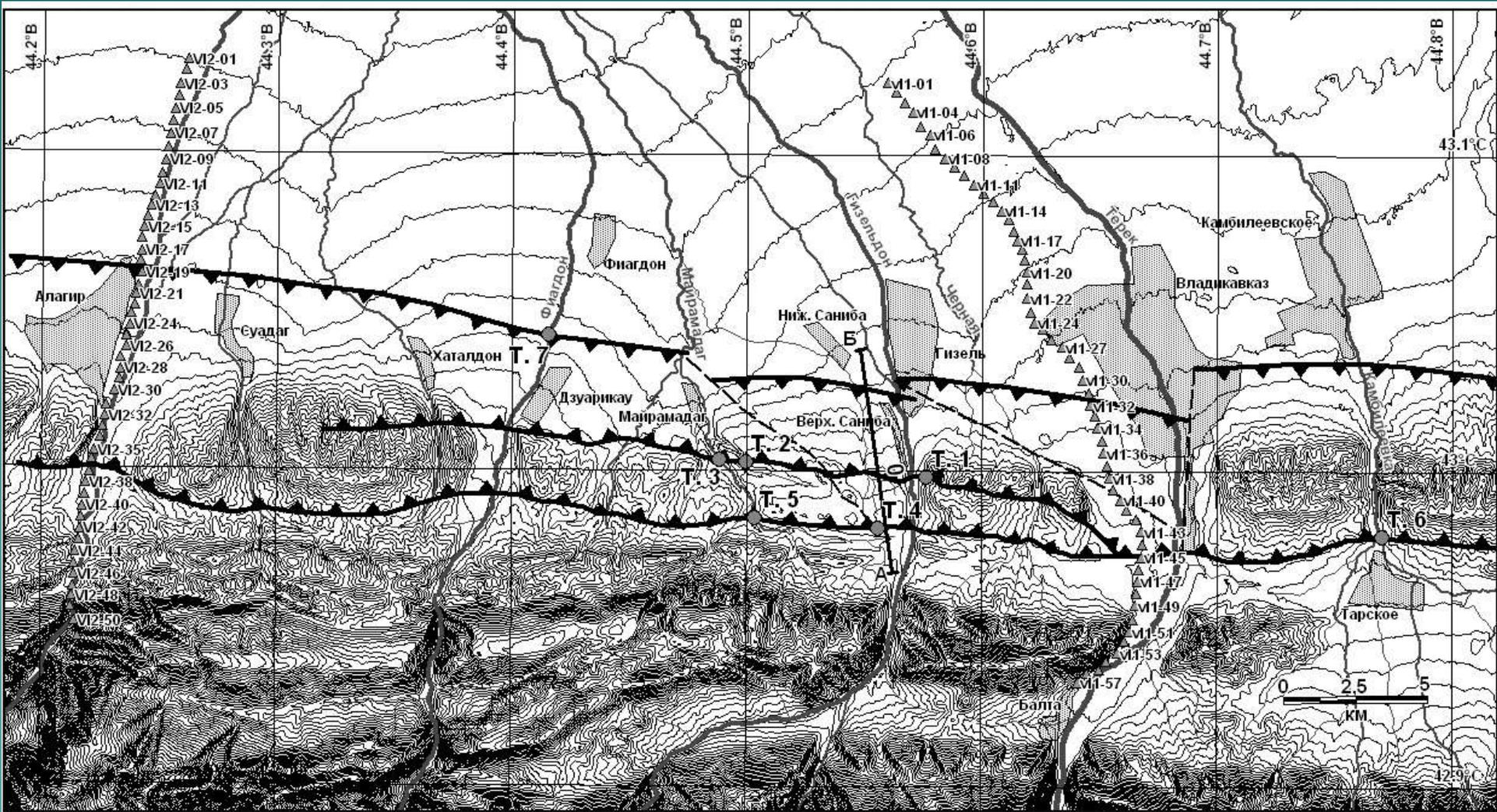
Положение Осетинского профиля: рельеф (а) и модели скоростей V_p (б)

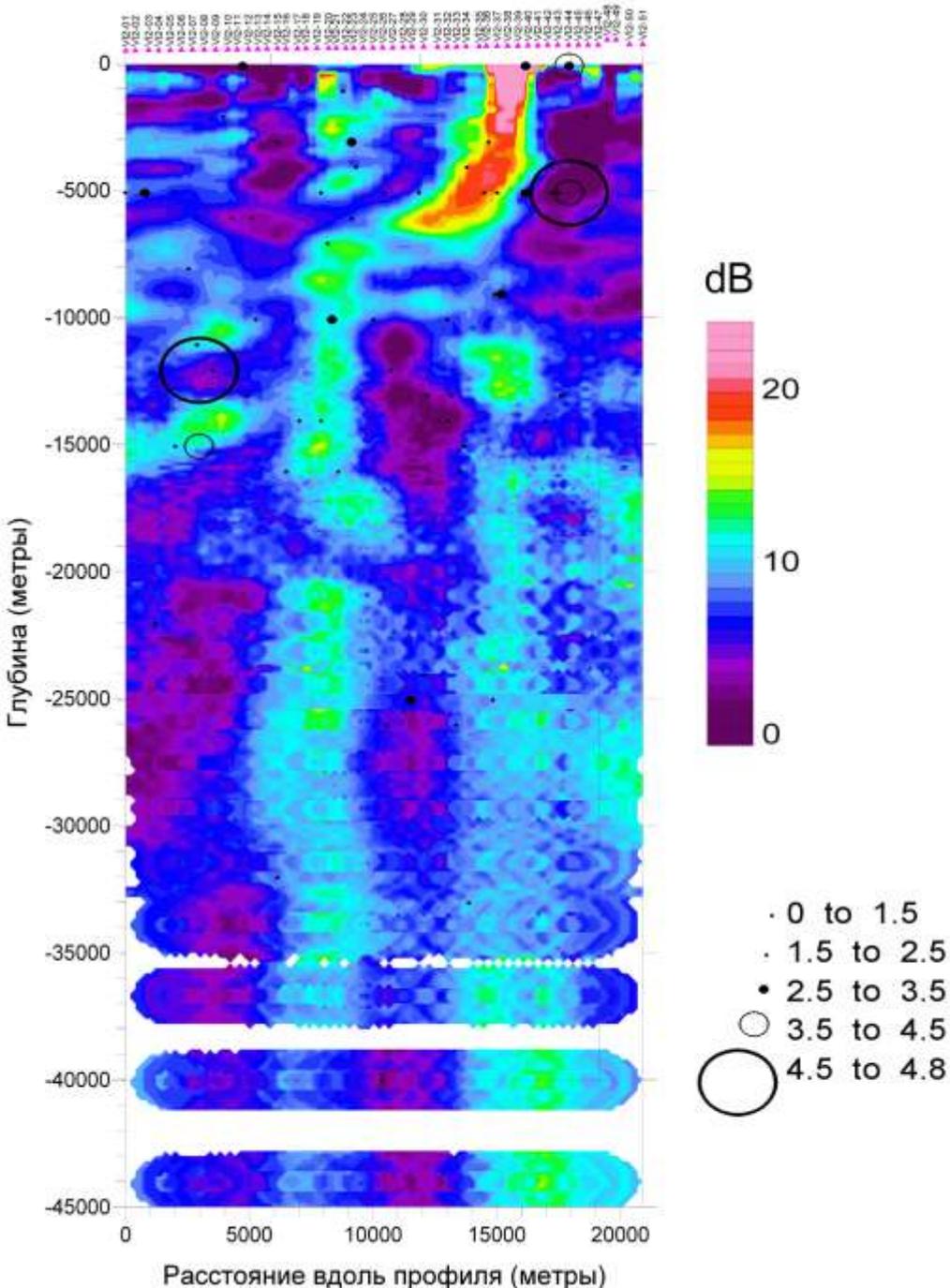


Генерализованные структурно-геологические разрезы вкрест мегантиклинория Б.Кавказа



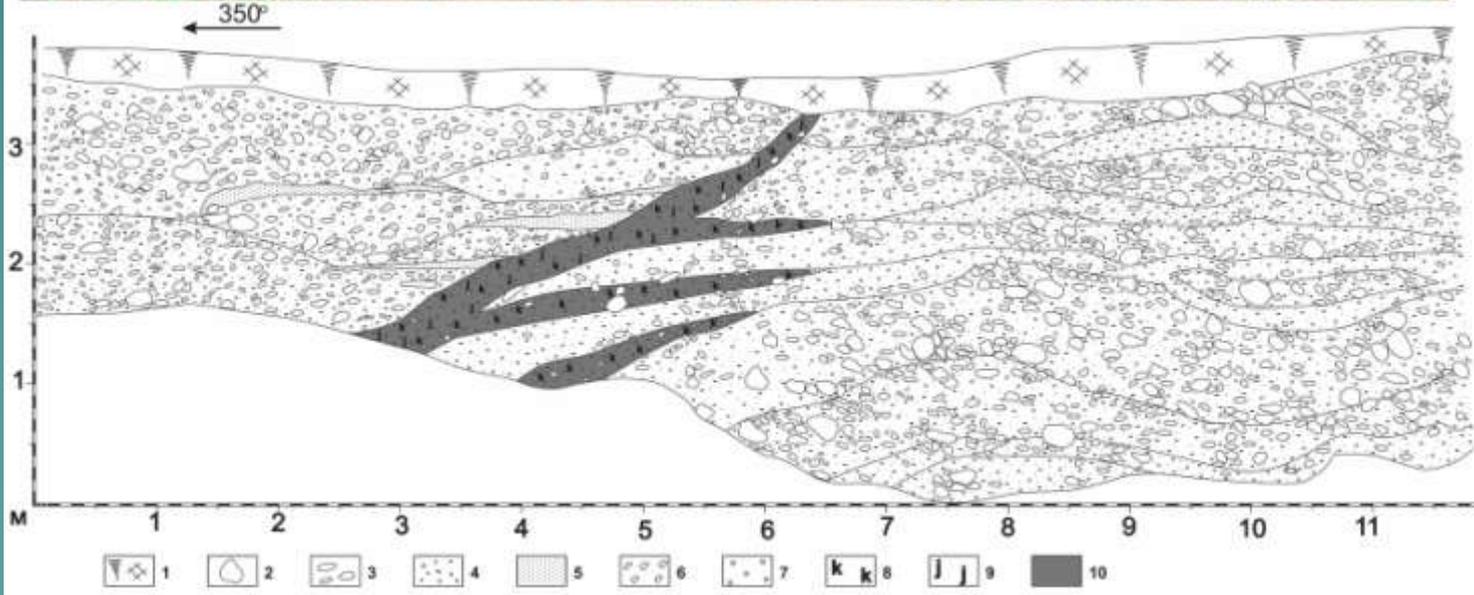
Ветви Владикавказского разлома и линии пересекающих профилей ММЗ



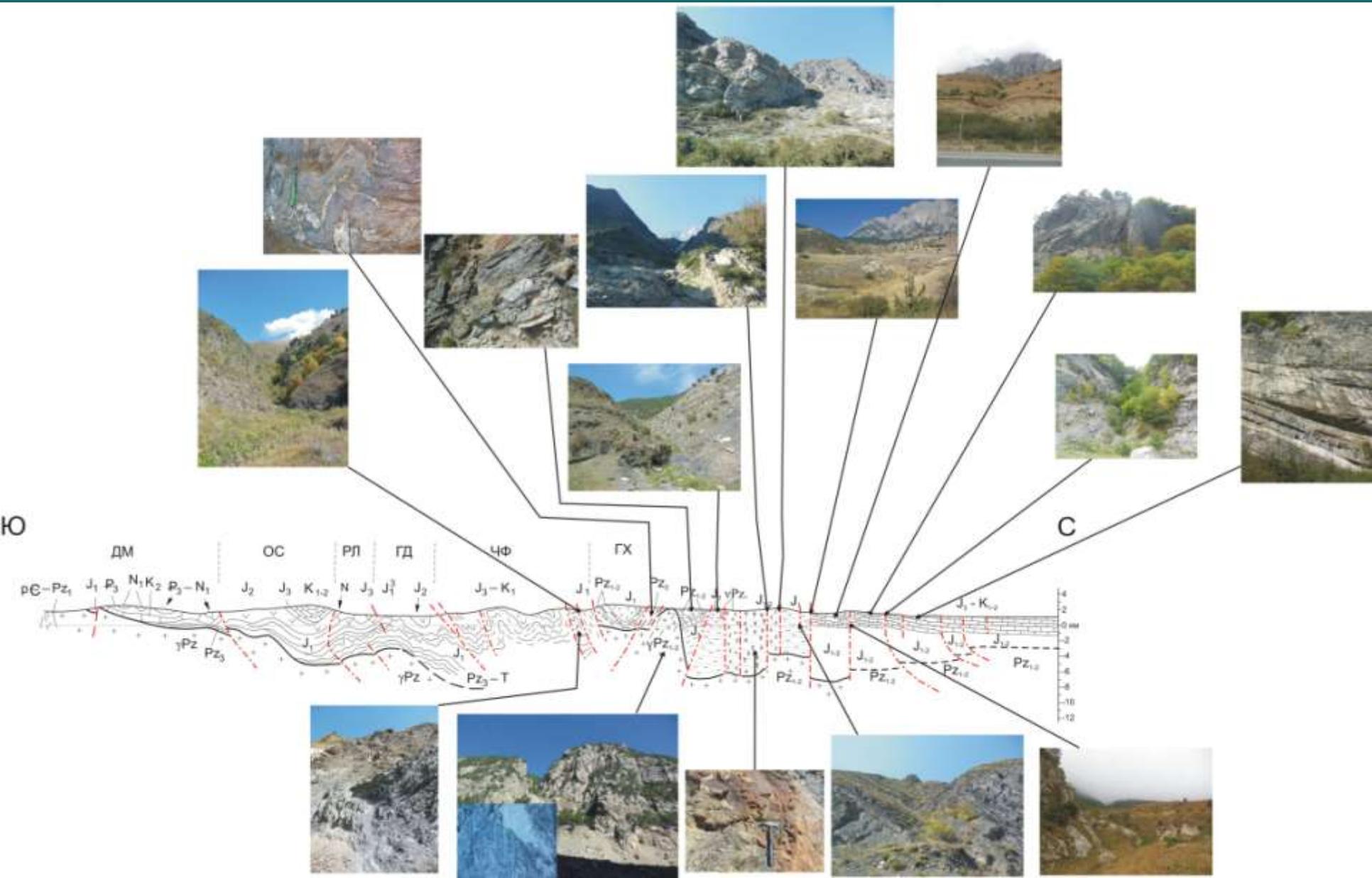


- ◆ Один из первых примеров применения метода ММЗ с целью изучения глубинного строения зоны Владикавказского разлома

Зарисовка и фото обнажения в правом борту р. Ардон – южная ветвь Владикавказского разлома

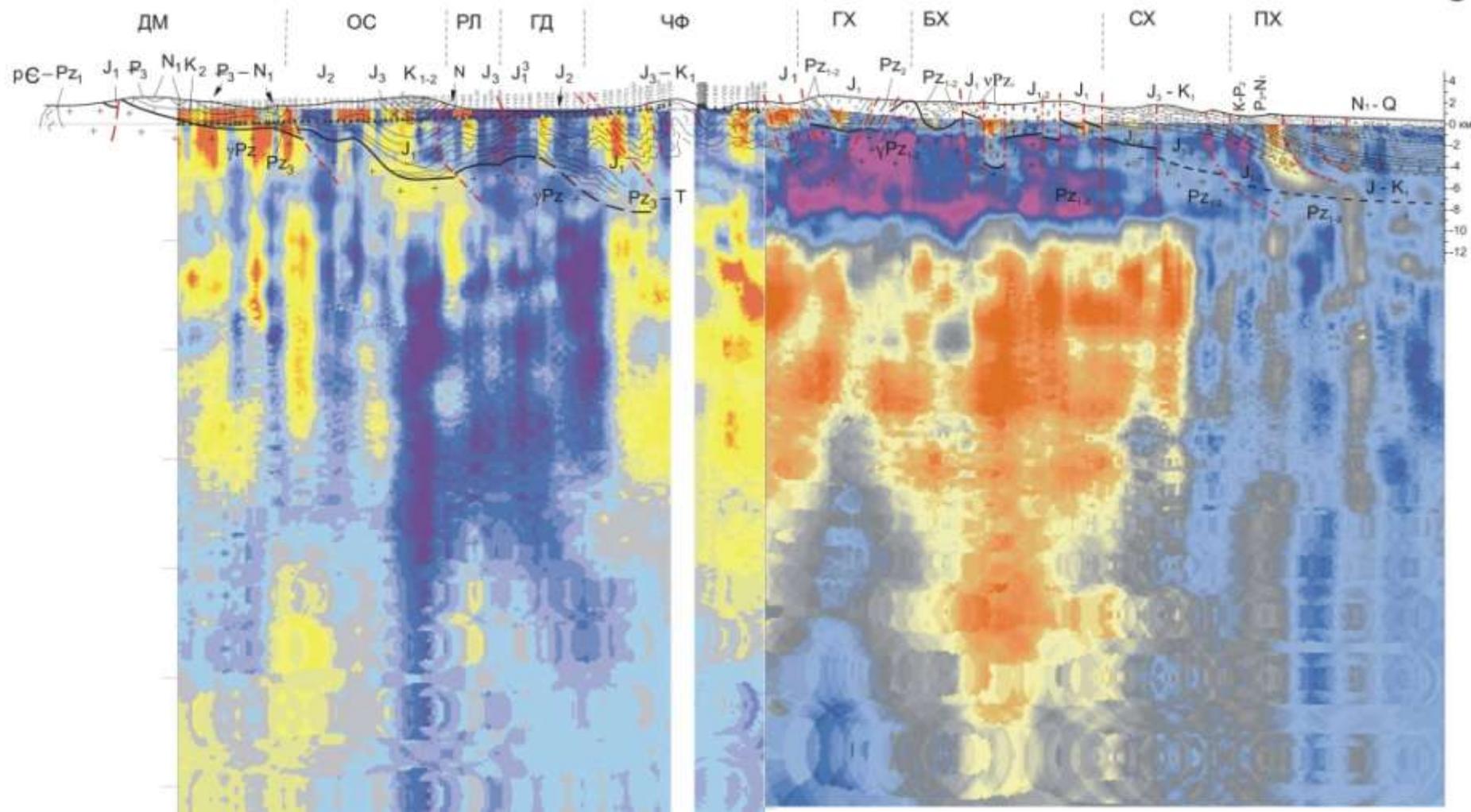


Фотографии основных обнажений на профиле

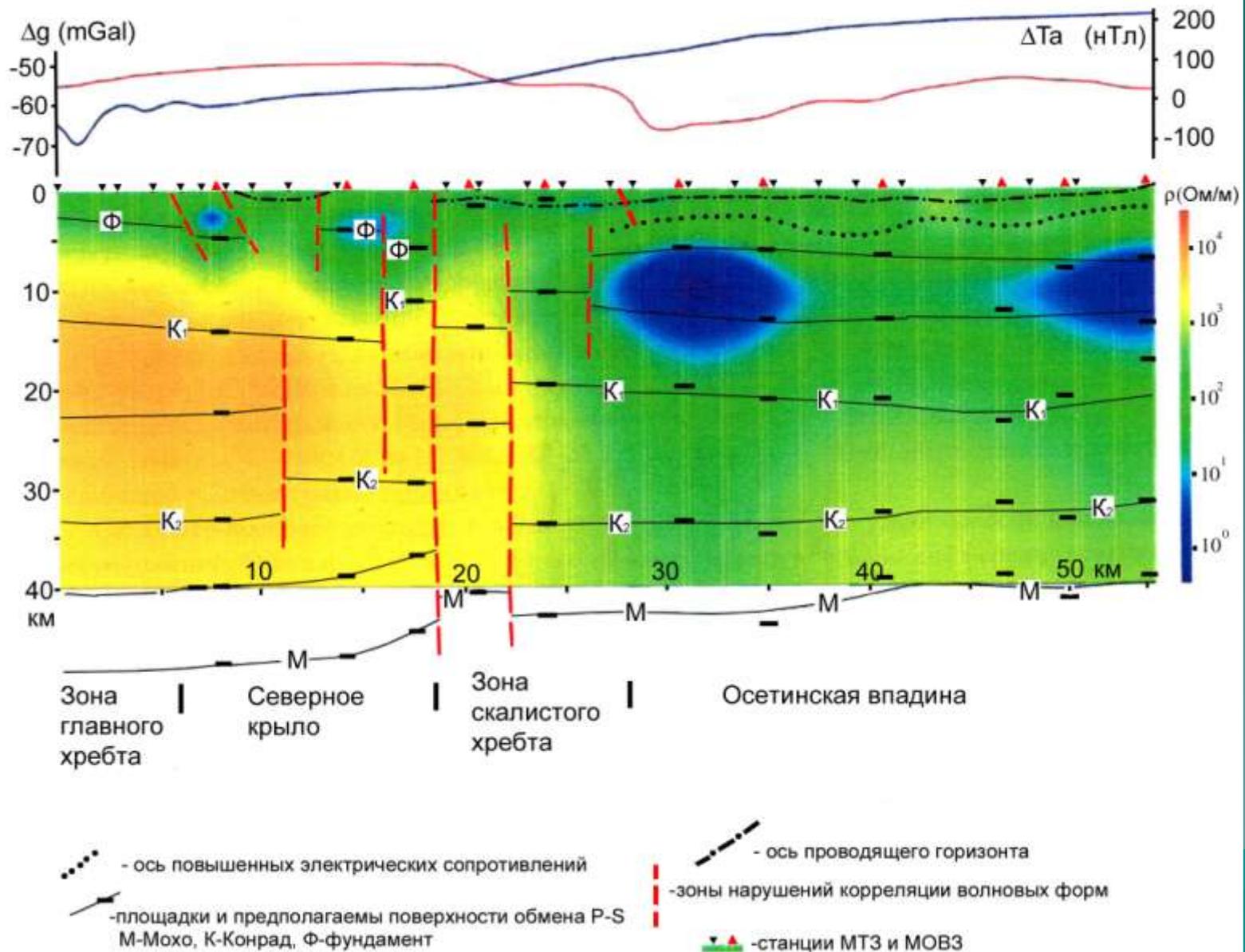


Геолого-геофизический разрез вкрест Осетинского сектора мегантиклинория (метод ММЗ). Желто-оранжевые цвета – пониженные скорости сейсмических волн, синие и фиолетовые – повышенные

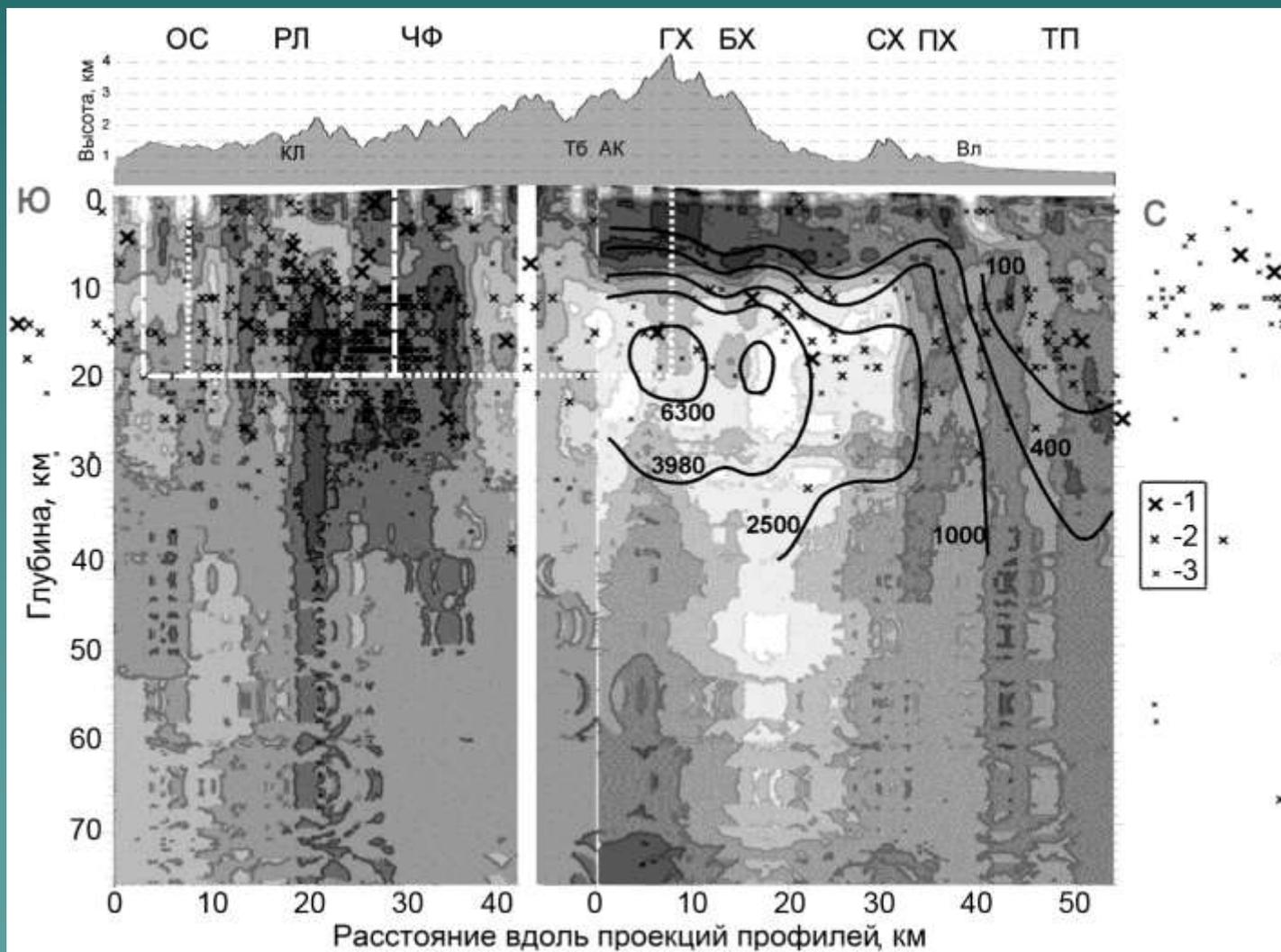
Ю

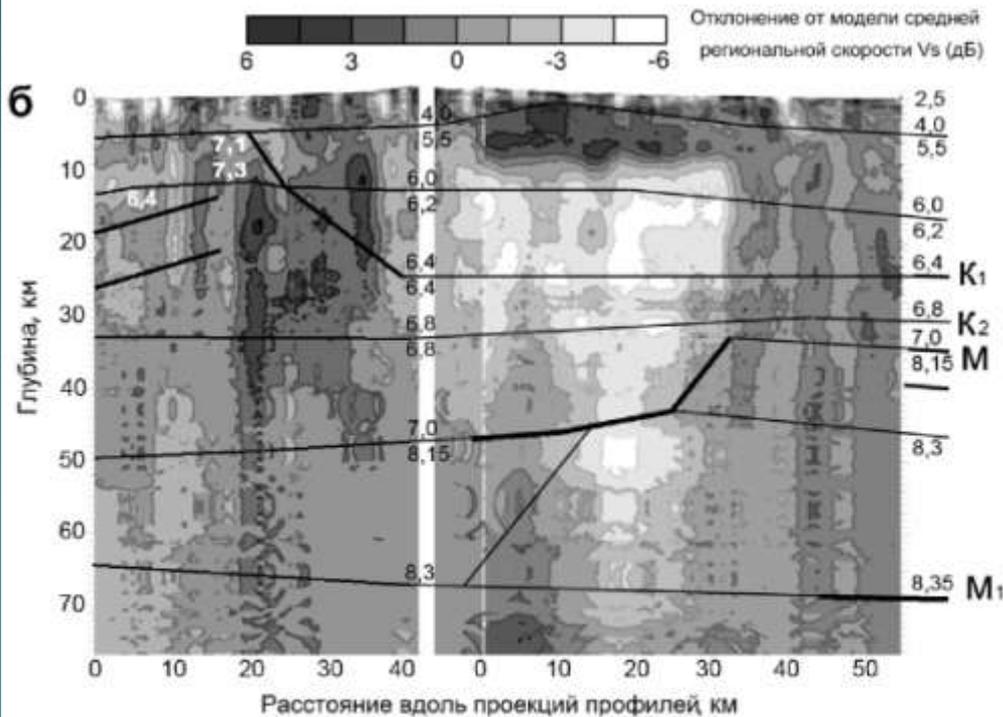
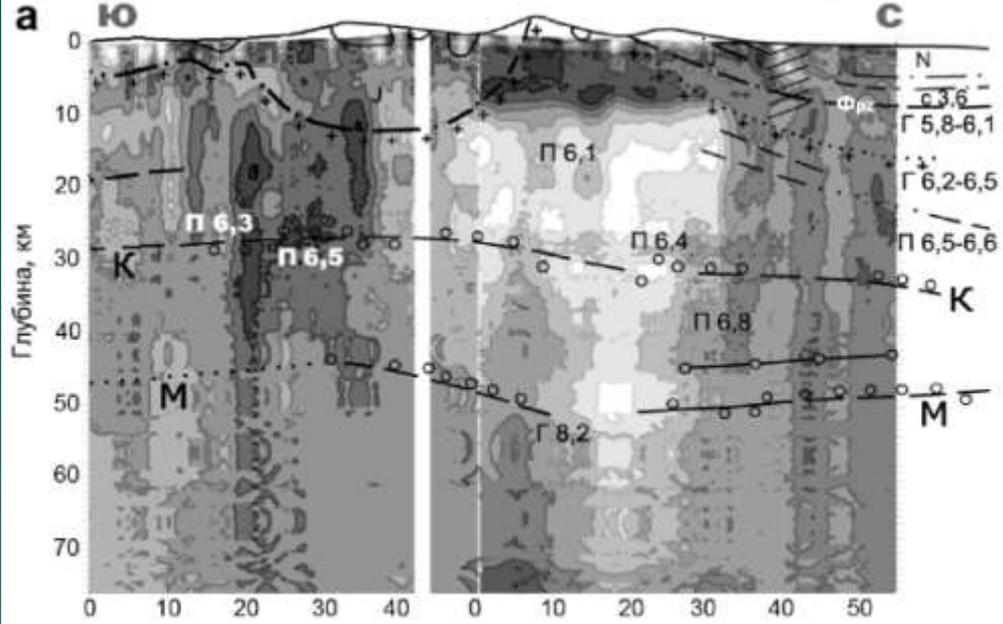


Разрез по Геналдонскому профилю МОВЗ и МТЗ (Шемпелев, 2008)

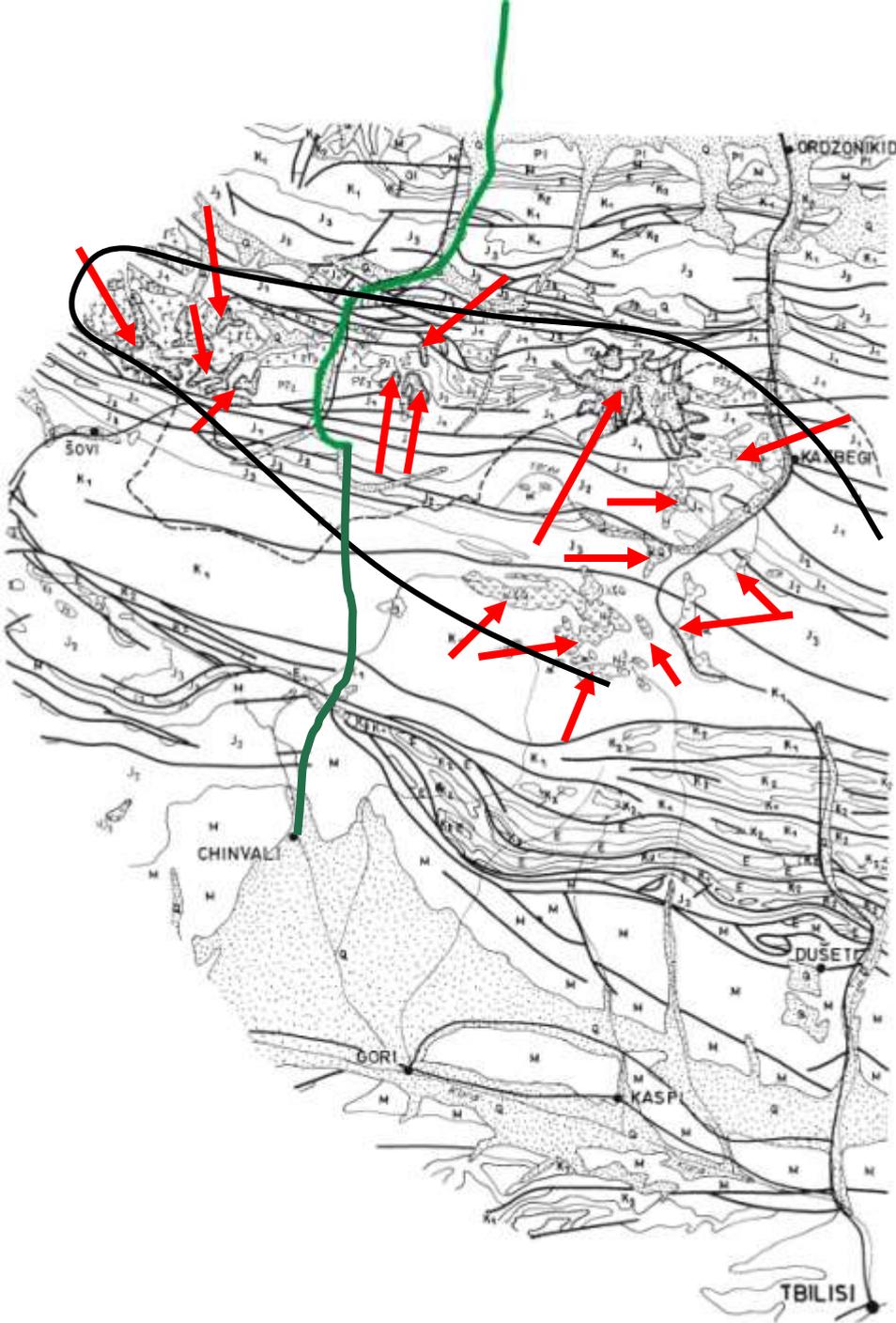


Глубинная структура Б.Кавказа, гипоцентры землетрясений и изолинии поля электросопротивлений (Ом м)





Сопоставление с
разрезом ГСЗ
Степное –
Бакуриани:
а – интерпрета-
ция Г.В.
Краснопевцевой
и др., 1970; б –
интерпретация
Н.И.Павленковой,
2011



Новейшие и
современные
вулканические
проявления в
Осетинском
секторе
Б.Кавказа

Схема строения орогенной складчатой системы

По В.В. Белоусову

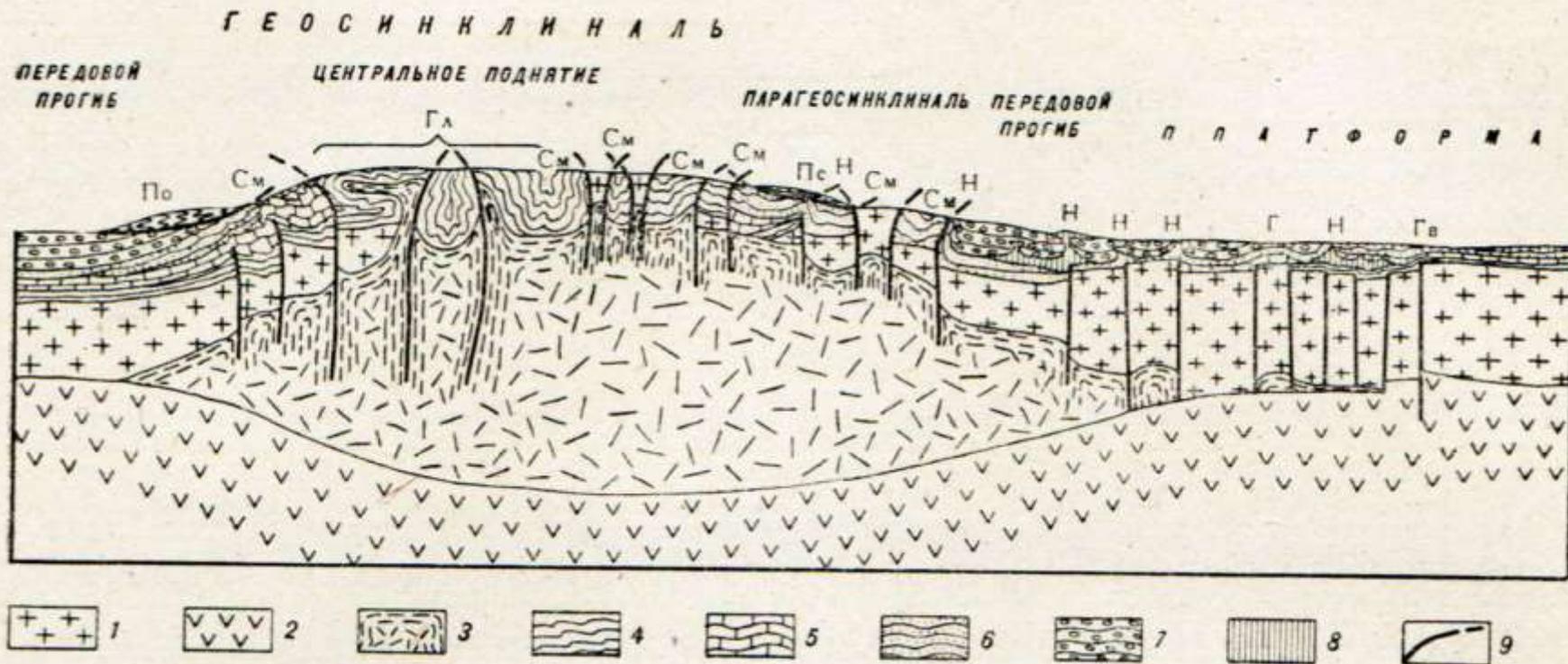


Рис. 68. Общая схема типов складчатости: 1 — древний складчатый фундамент; 2 — «базальтовый» слой земной коры; 3 — молодые граниты и мигматиты; 4 — нижнетерригенная формация; 5 — известняковая формация; 6 — верхнетерригенная формация; 7 — молассовая и лагунная формации; 8 — соль; 9 — тектонический разрыв. По — тектонический покров оплывания; Пс — тектонический покров скольжения; См — складчатость общего смятия; Н — складчатость нагнетания; Г — глыбовая складчатость; Гв — вал глыбового происхождения; Гл — глубинная складчатость, гранитогнейсовые купола, тектонические покровы пеннинского типа

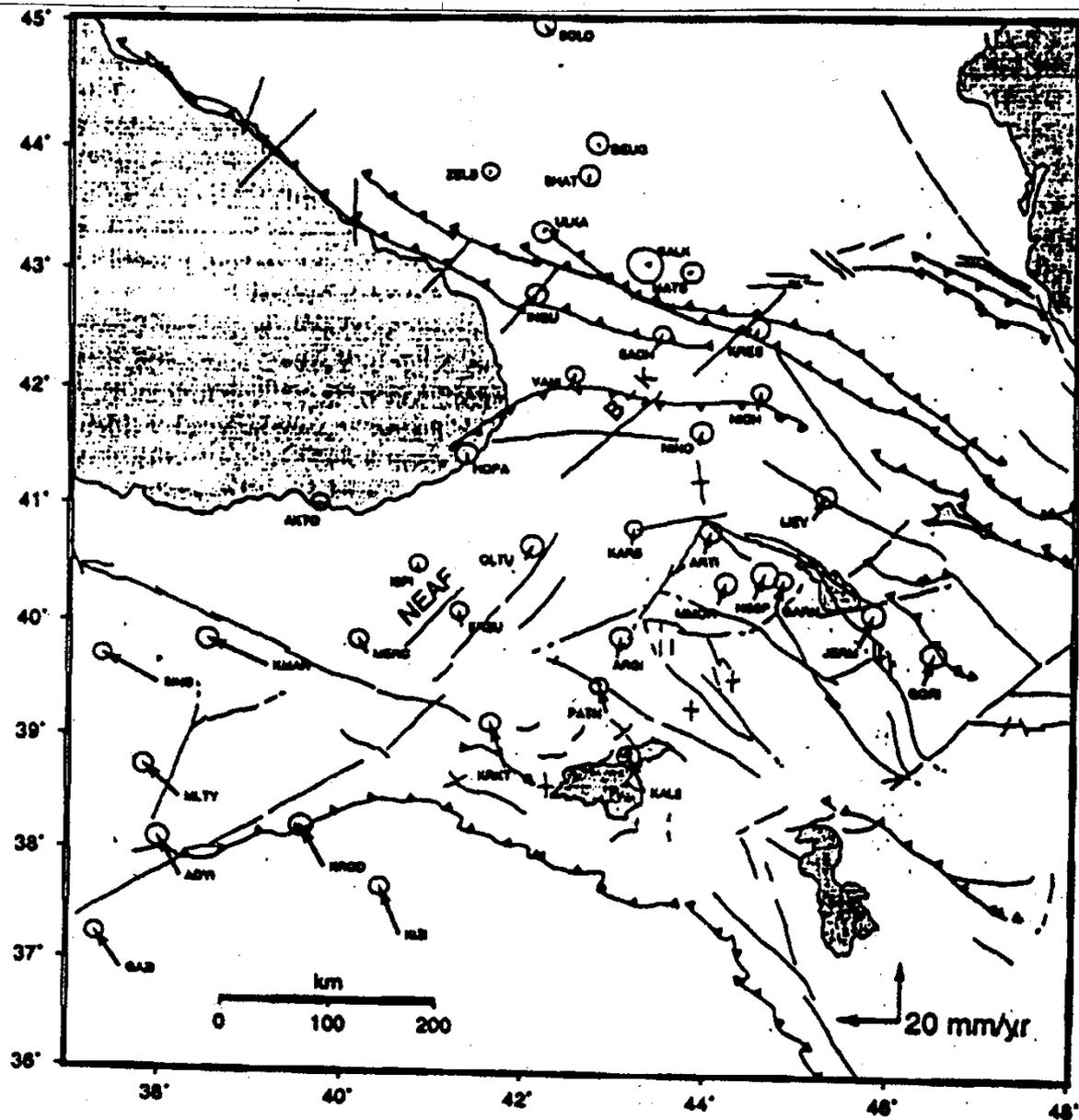
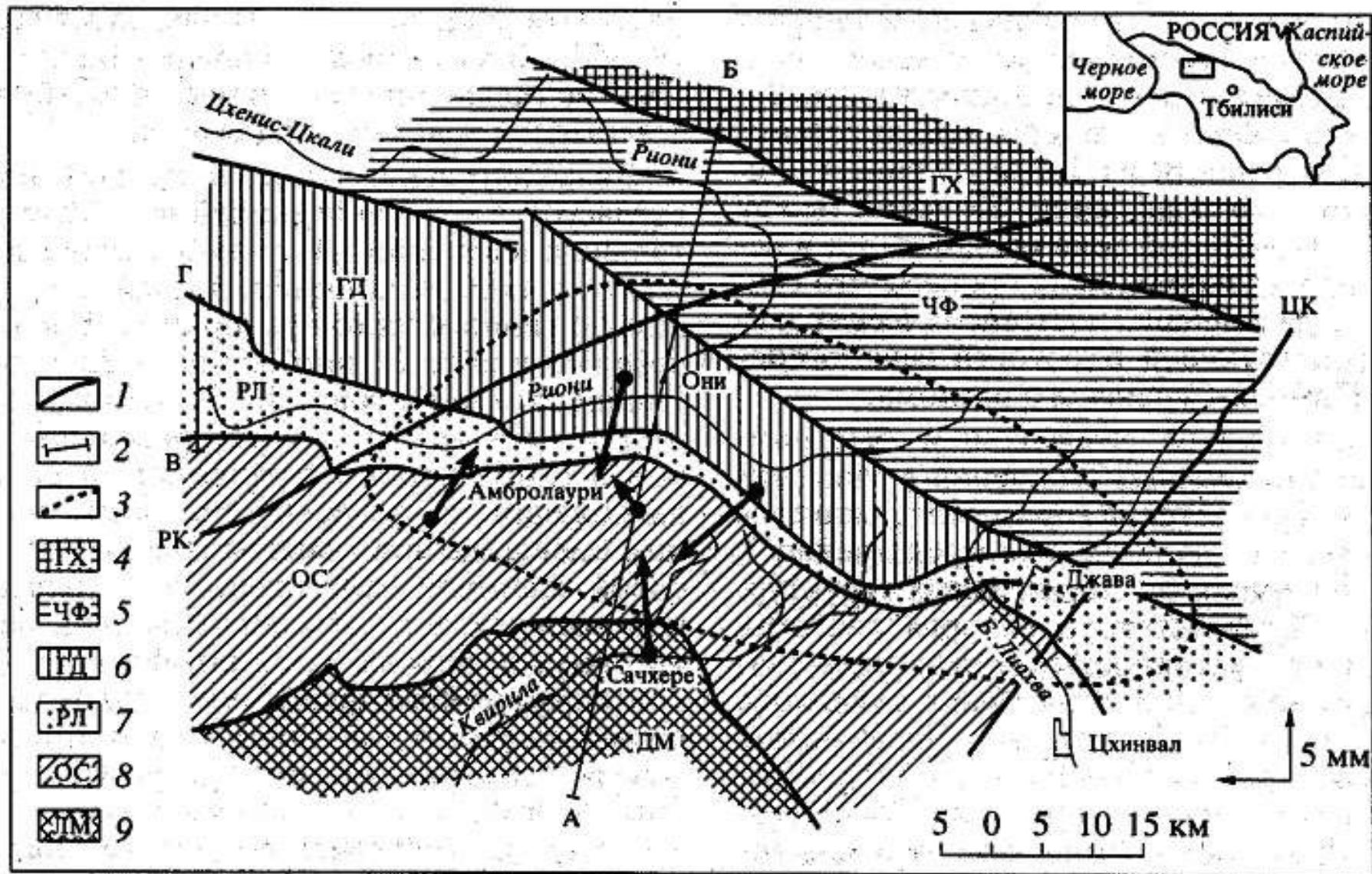
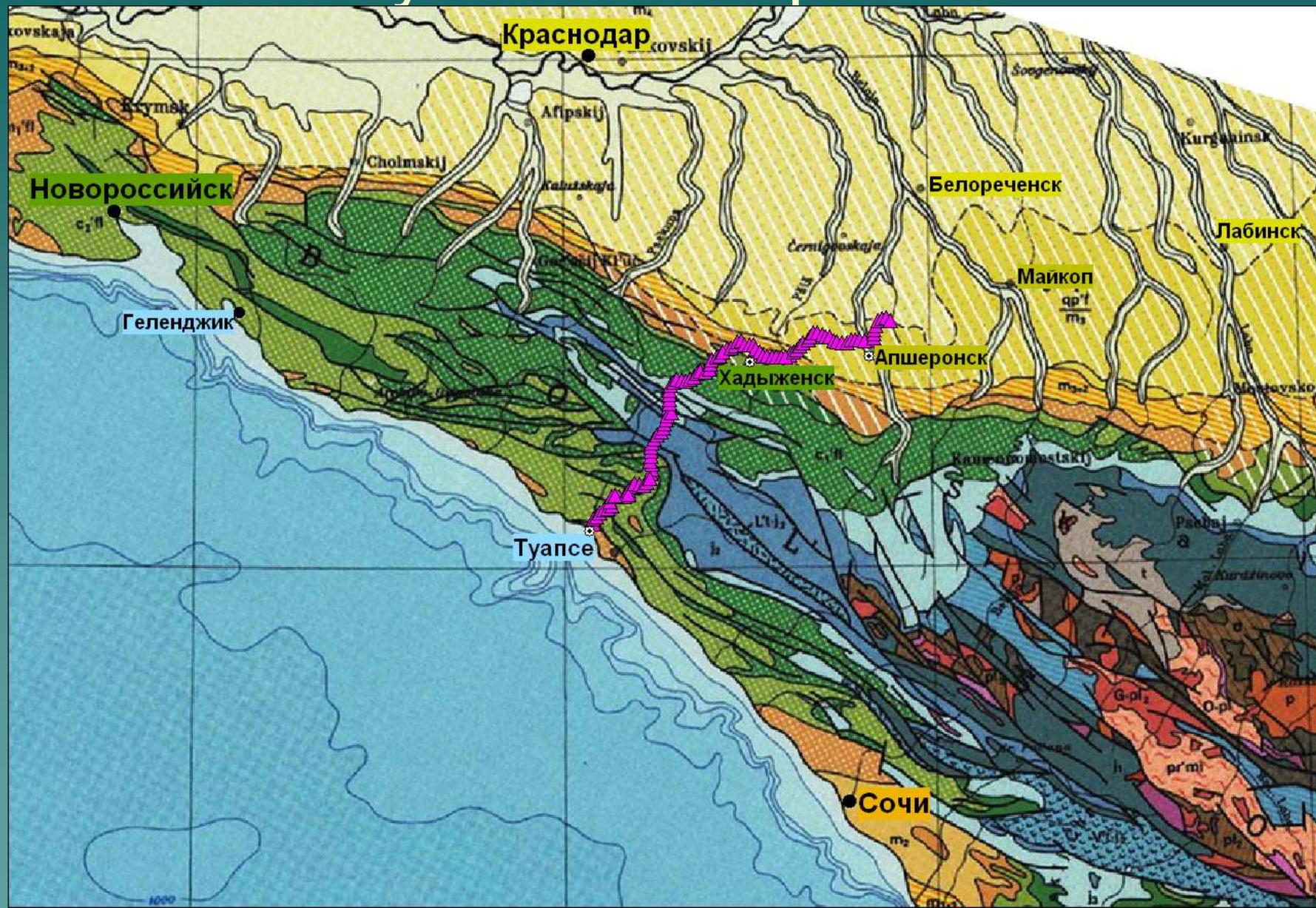


Figure 5. Expanded view of the GPS velocities for eastern Turkey and the Caucasus and their 95% confidence ellipses in a Eurasia-fixed reference frame superimposed on a map of active faults

Тектоническая позиция очага Рачинского землетрясения и направление GPS смещений



Положение профиля ММЗ по линии Туапсе-Апшеронск



Взброс в известняках мела

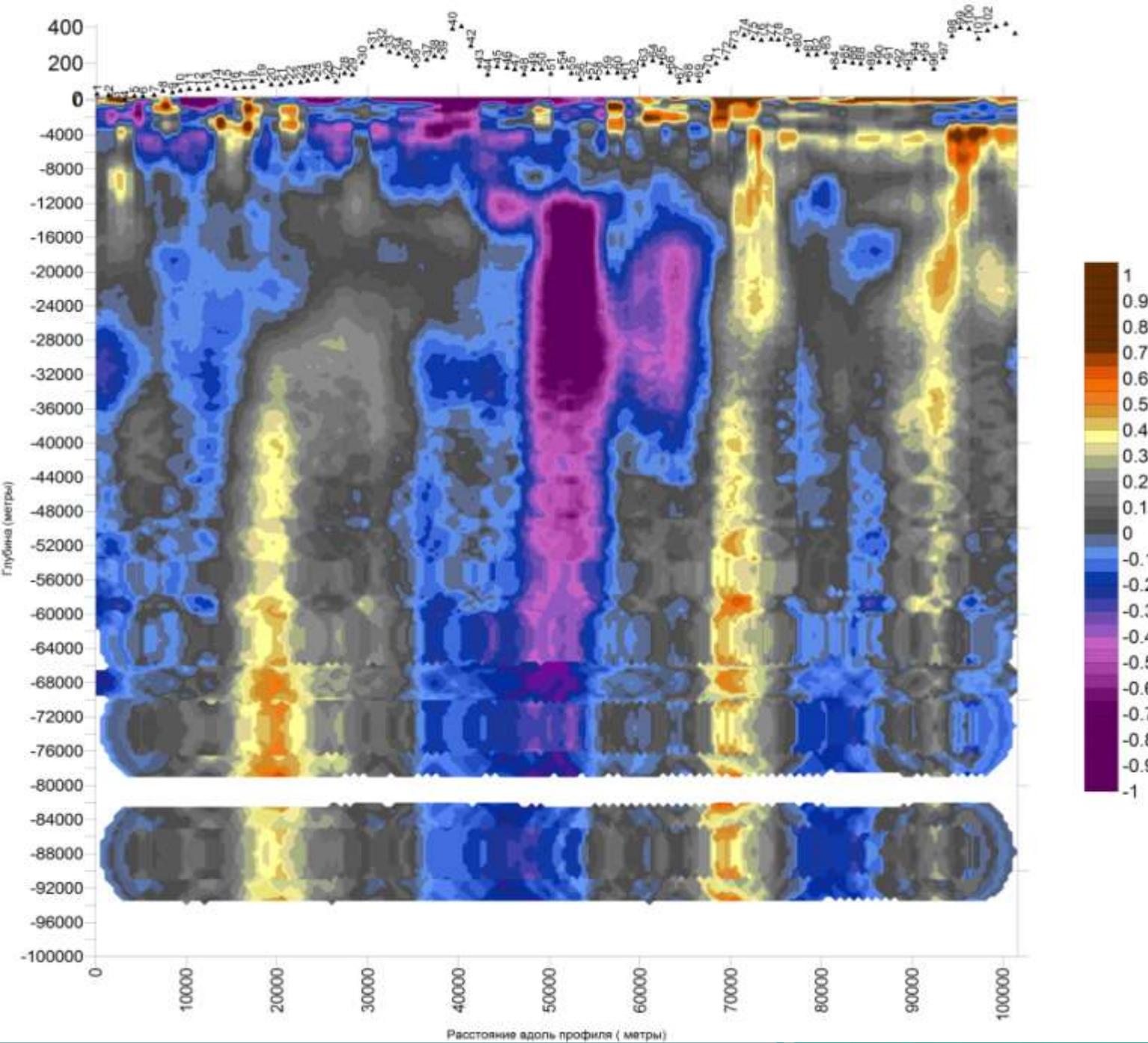


Интенсивная складчатость J_3

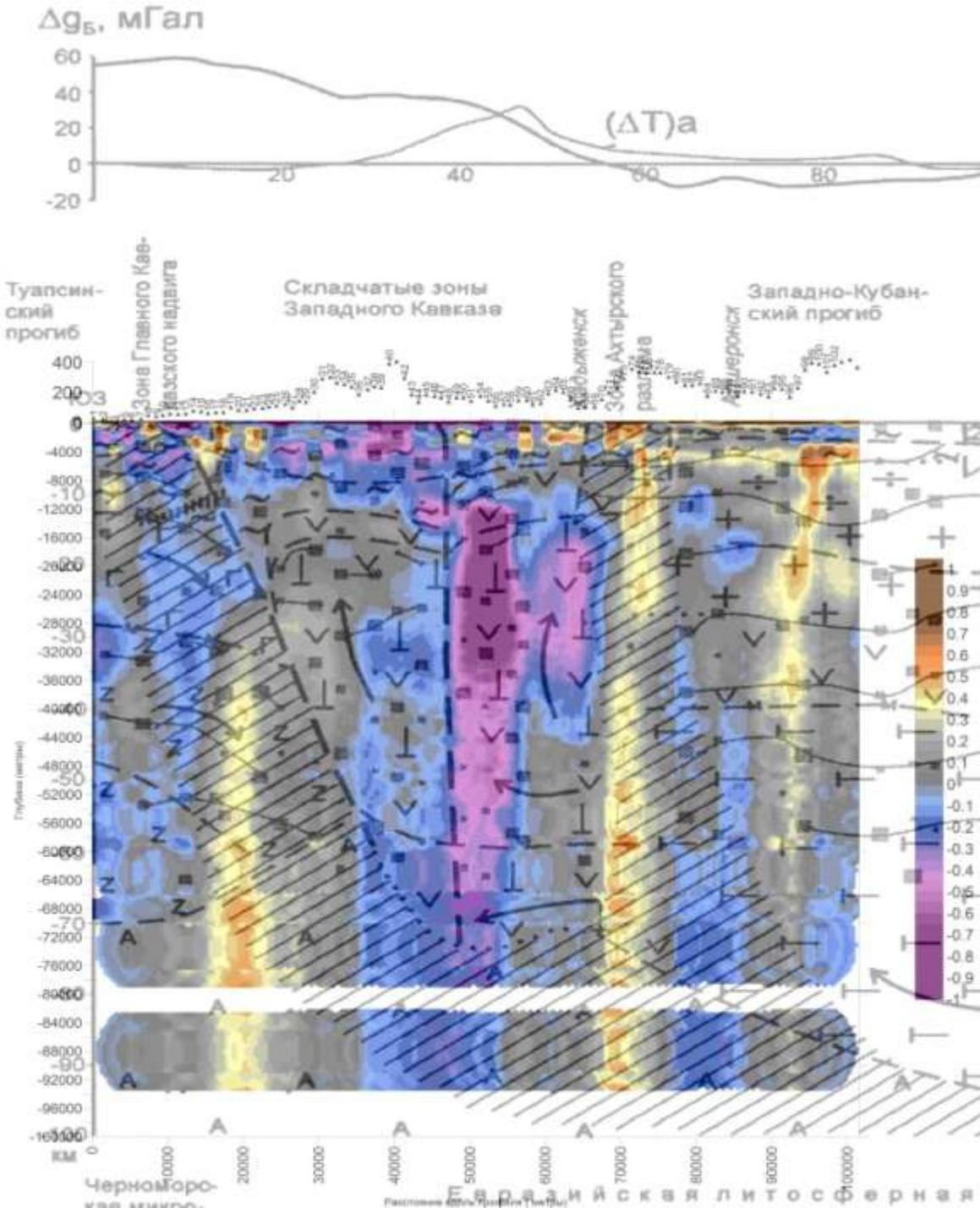




Взбросо-
надвиг во
флишевой
толще
верхней юры



Разрез
земной
коры по
профи-
лю ММЗ
Туапсе-
Апшер-
ОНСК.
Желто-
оранжевые
цвета –
пониженные
скорости
сейсмических
волн, синие и
фиолетовые –
повышенные



Сопоставление с интерпретированным разрезом ГСЗ А.Г. Шемпелева

Выводы

- ◆ Результаты проведенных геолого-геофизических исследований позволяют подтвердить представления В.В. Белоусова о существенной роли внутренних причин в процессах орогенеза и складчатости на Большом Кавказе. Процессы дифференциации вещества в недрах и адвективные движения в верхних горизонтах литосферы могут обеспечить внутренние деформации и орогенез в Кавказском сегменте альпийского пояса. При этом очевидно, что крупнейшие разломы имеют глубокие близвертикальные корни.

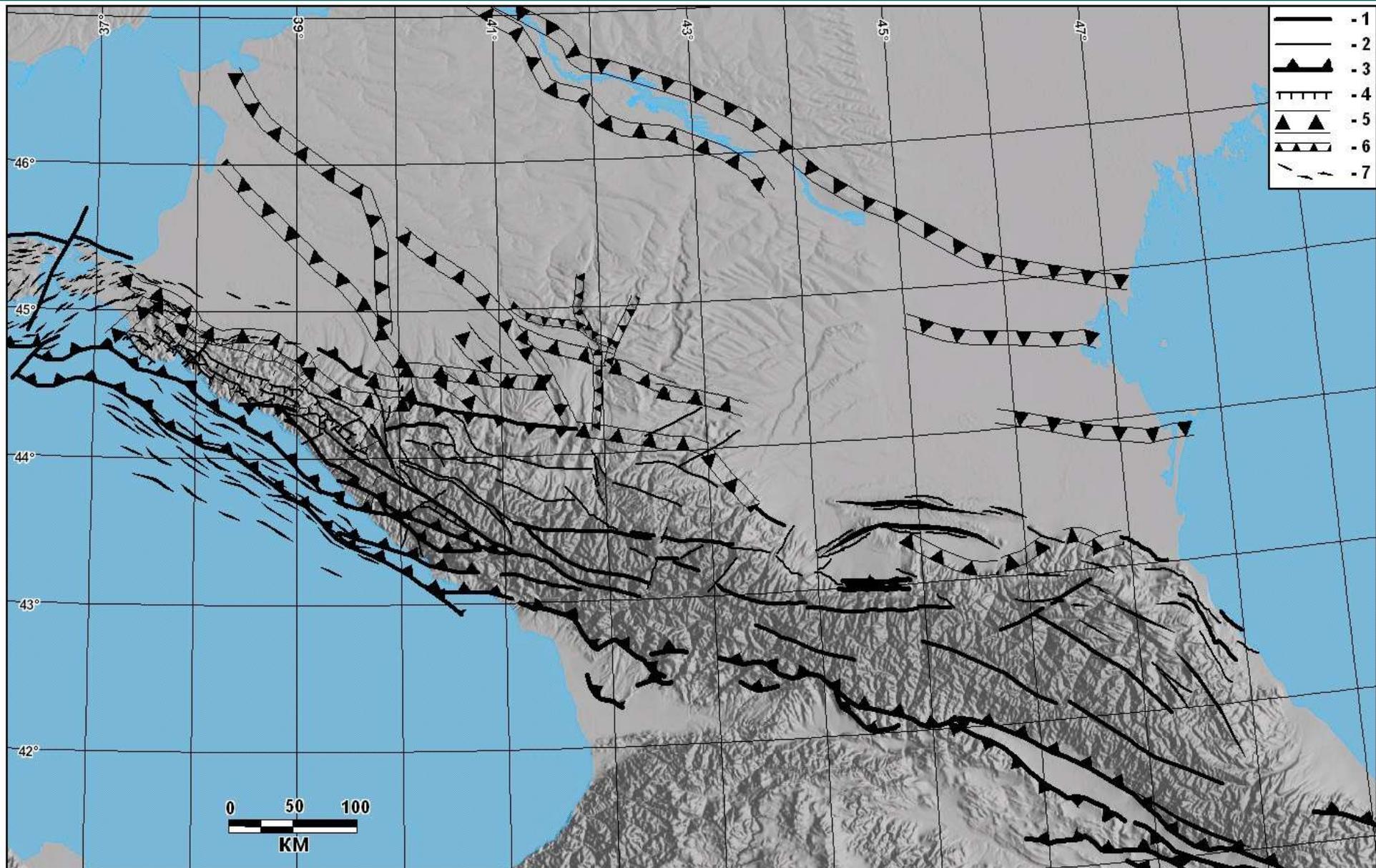
Вопросы оценки сейсмической опасности

- ◆ В.В. Белоусов уделял значительное внимание вопросам сейсмотектоники и сейморайонирования Кавказа. Под его руководством впервые были применены «геологические критерии сейсмичности».
- ◆ Такие подходы использованы в работах по теме: «Разработка детальной карты нового поколения оценки сейсмических рисков территории Северо-Кавказского федерального округа» в рамках п. 31 ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года».
- ◆ На этапе 2013 г. создан комплект карт сейсмической опасности для Северного Кавказа на детерминистской и вероятностной основе в детальном масштабе.

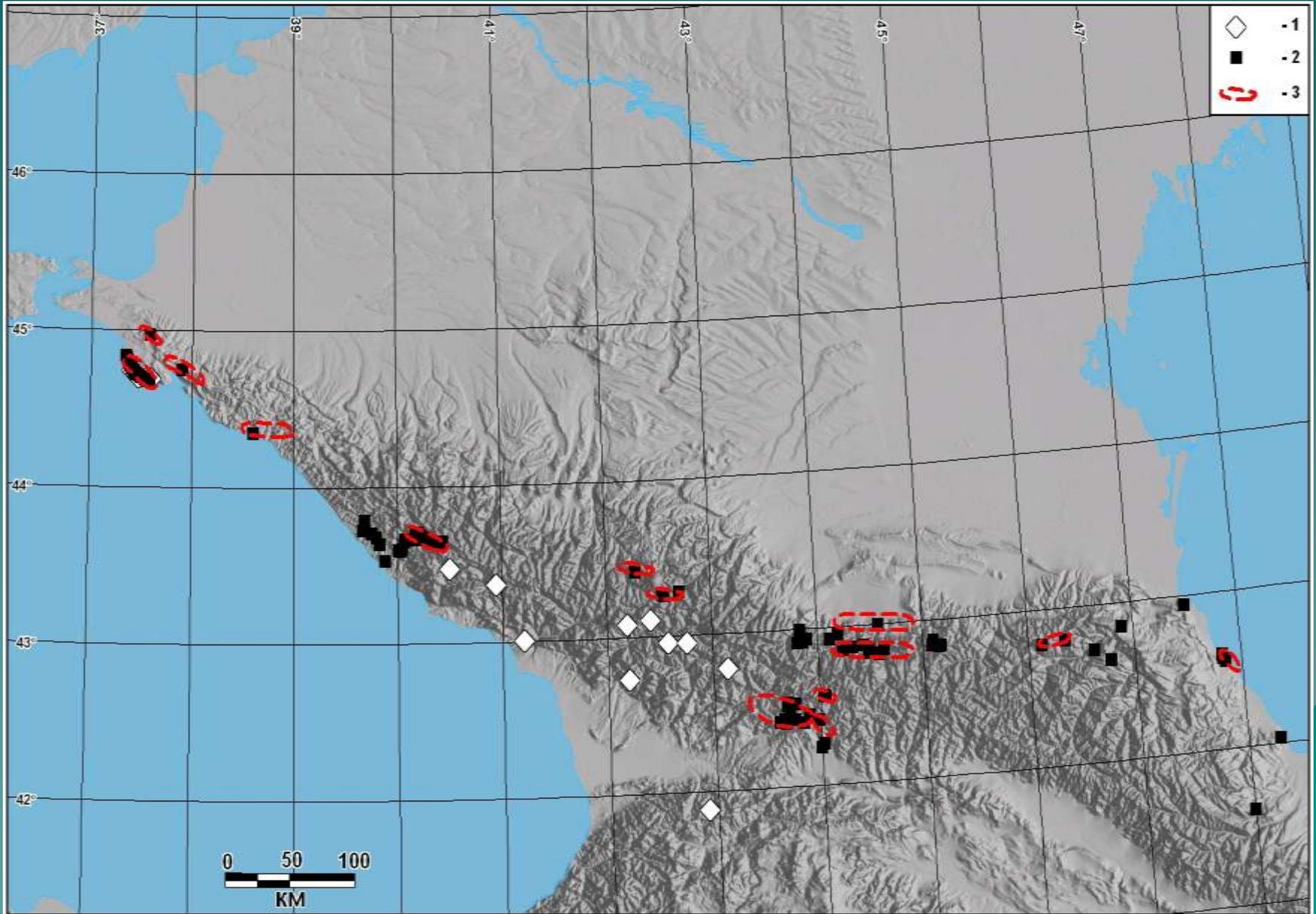
Разработка карты детального сейсмического районирования Северного Кавказа

- ◆ Северный Кавказ - наиболее сейсмоактивный регион европейской части Российской Федерации. Ранее проведенные здесь исследования по оценке сейсмической опасности, количественные оценки уровня максимально возможной магнитуды (M_{\max}) базировались в основном на сейсмостатистике инструментального периода наблюдений. Для адекватной оценки сейсмической опасности этого региона период инструментальных наблюдений слишком краток, а представительность уровня регистрируемой сейсмичности и точность локализации эпицентров недостаточны. Поэтому представления об уровне сейсмической опасности региона были ошибочными.
- ◆ Произошедшие в конце 20-го века на Б. Кавказе катастрофические Рачинское (1991 г., $M=7,1$), Барисахское (1992 г., $M=6,5$) и Бакинское (2000 г., $M=6,6$) землетрясения изменили представления об уровне сейсмической опасности региона, основанные на традиционных методах. Кроме того, появились сведения о геологических катастрофах недавнего прошлого, имевших сейсмологическую природу. Были также введены в практику «геологические критерии сейсмичности».
- ◆ В начале 21-го века разработаны новые методы оценки сейсмической опасности, основанные на комплексном использовании геолого-геофизических, сейсмологических и палеосейсмогеологических данных. Их применение позволило более адекватно, чем прежде решить задачу выявления и картирования сейсмогенерирующих зон и оценки их сейсмического потенциала.
- ◆ Эти подходы используются при оценке сейсмической опасности в детальном масштабе.

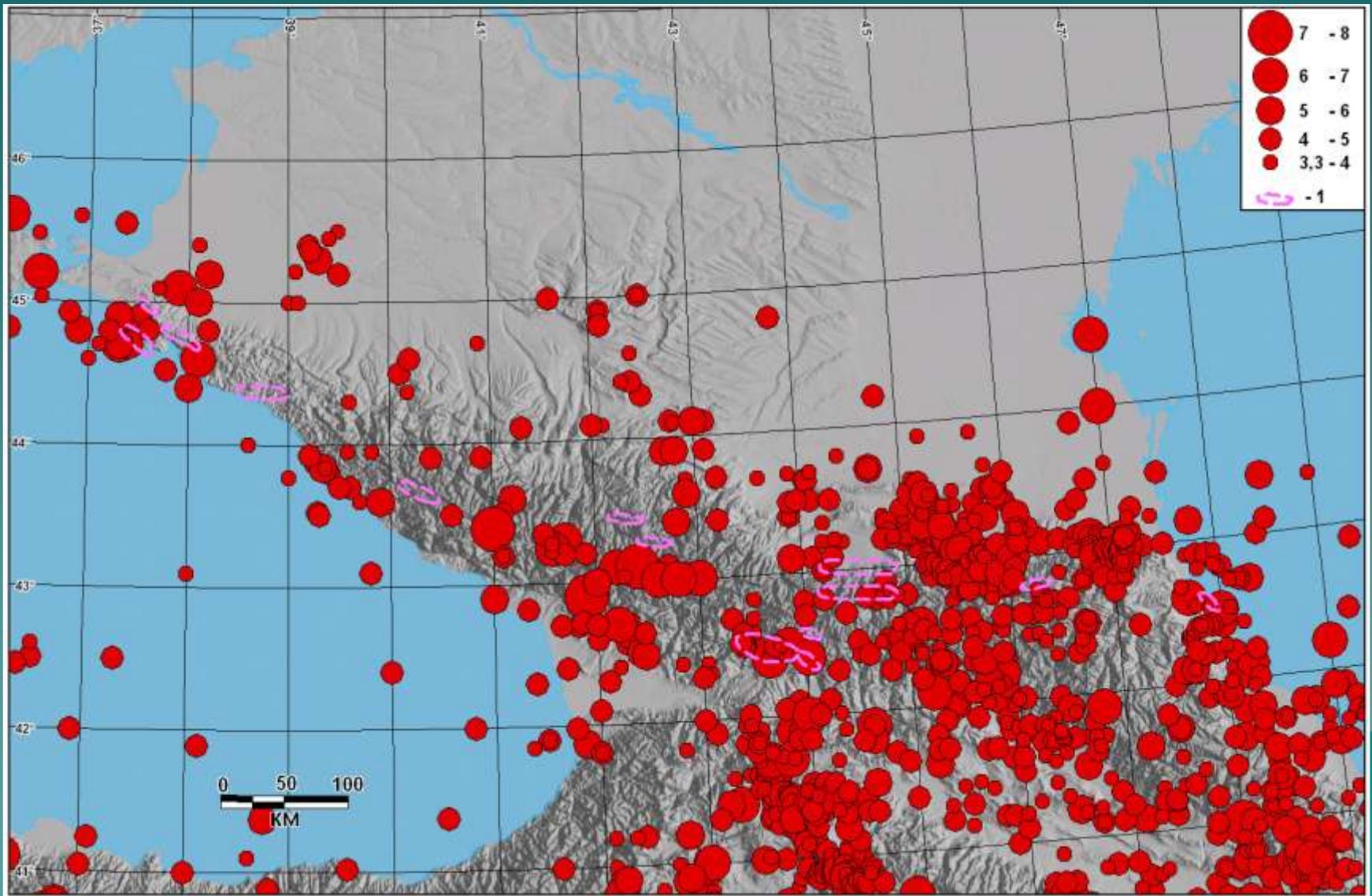
Карта активных тектонических структур



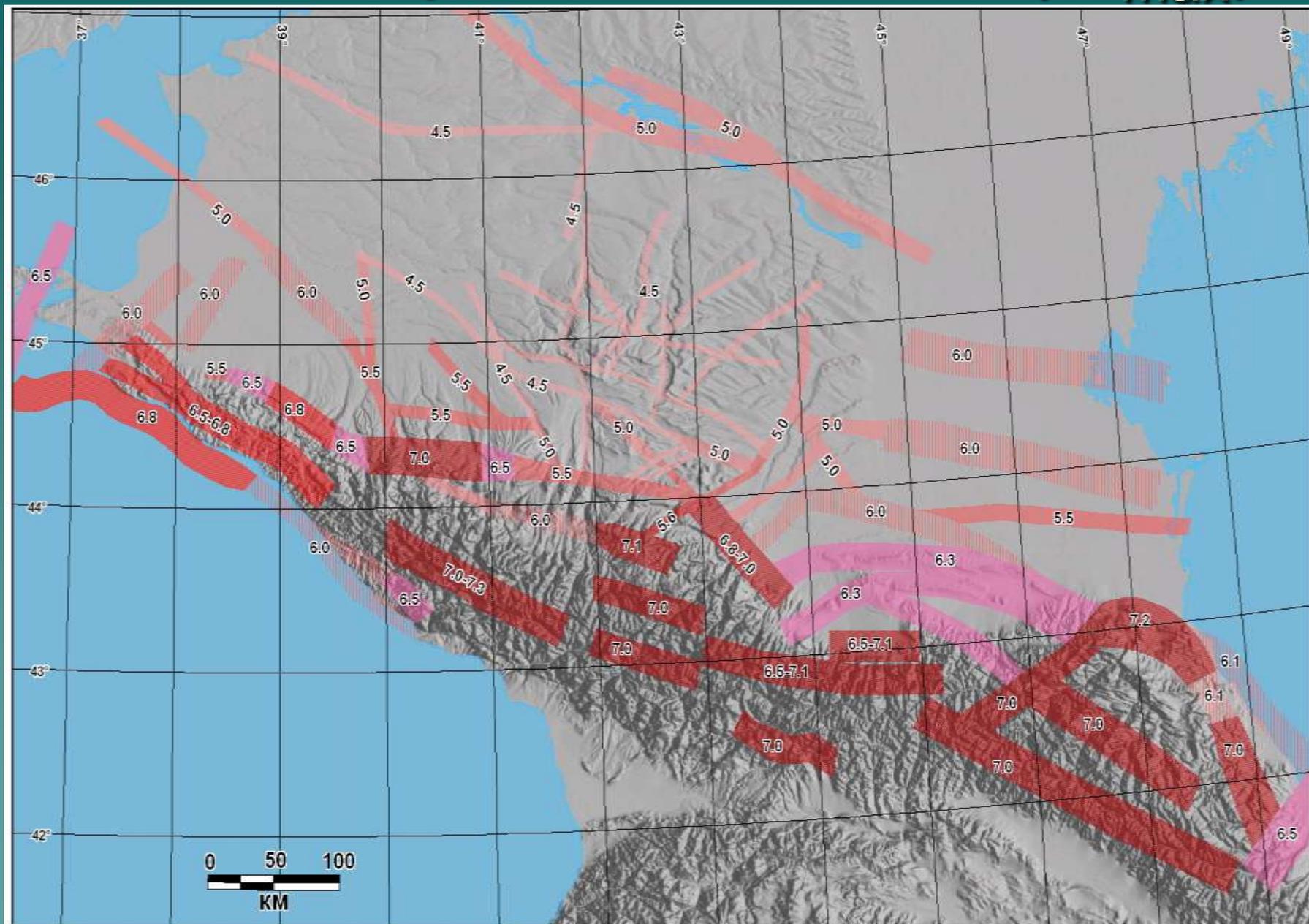
Карта палеосейсмогеологической изученности: 1- Хромовских и др., 2- обвалы, 3- по работам авторов



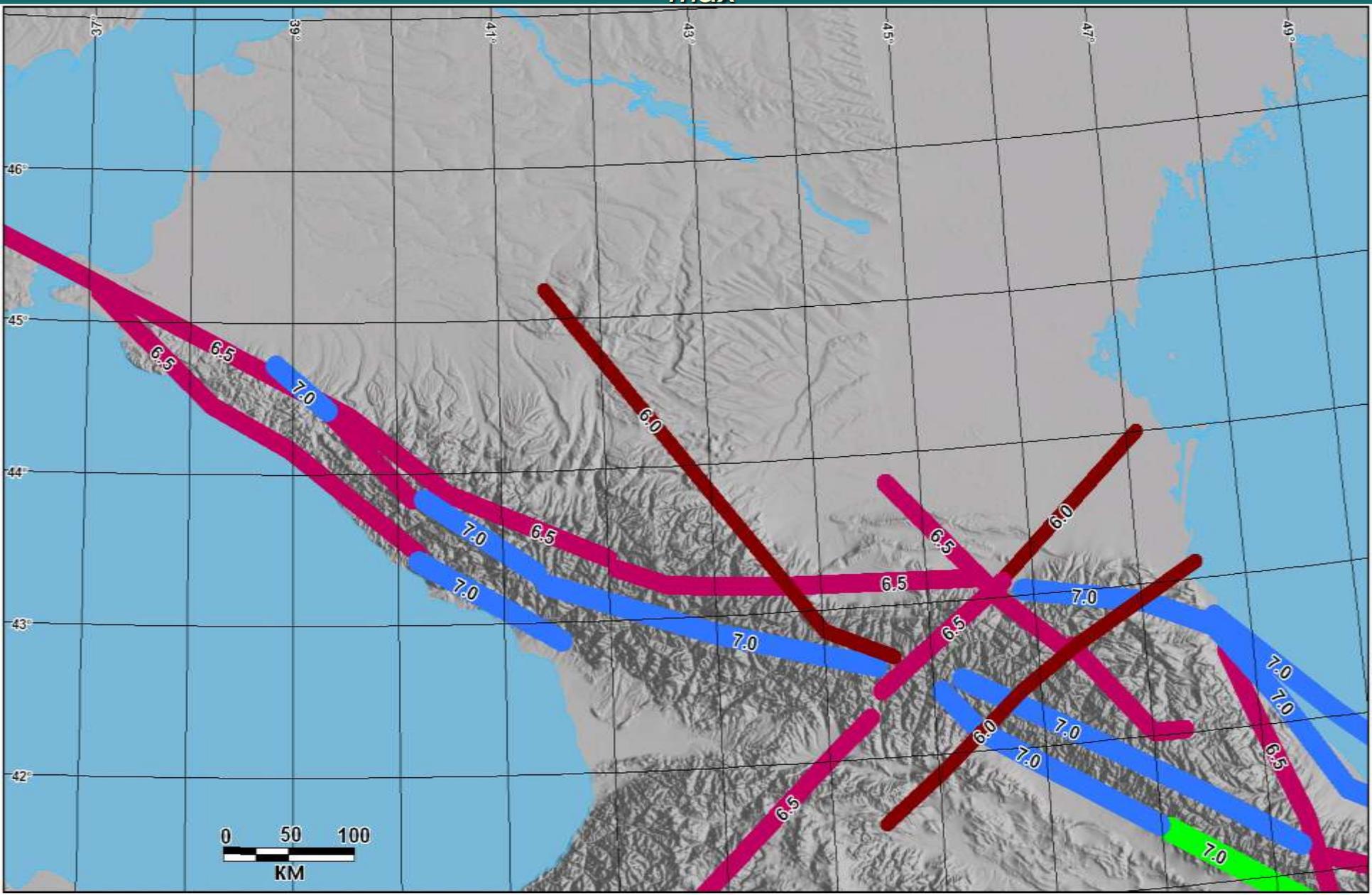
Карта эпицентров землетрясений за всю историю сейсмологических наблюдений



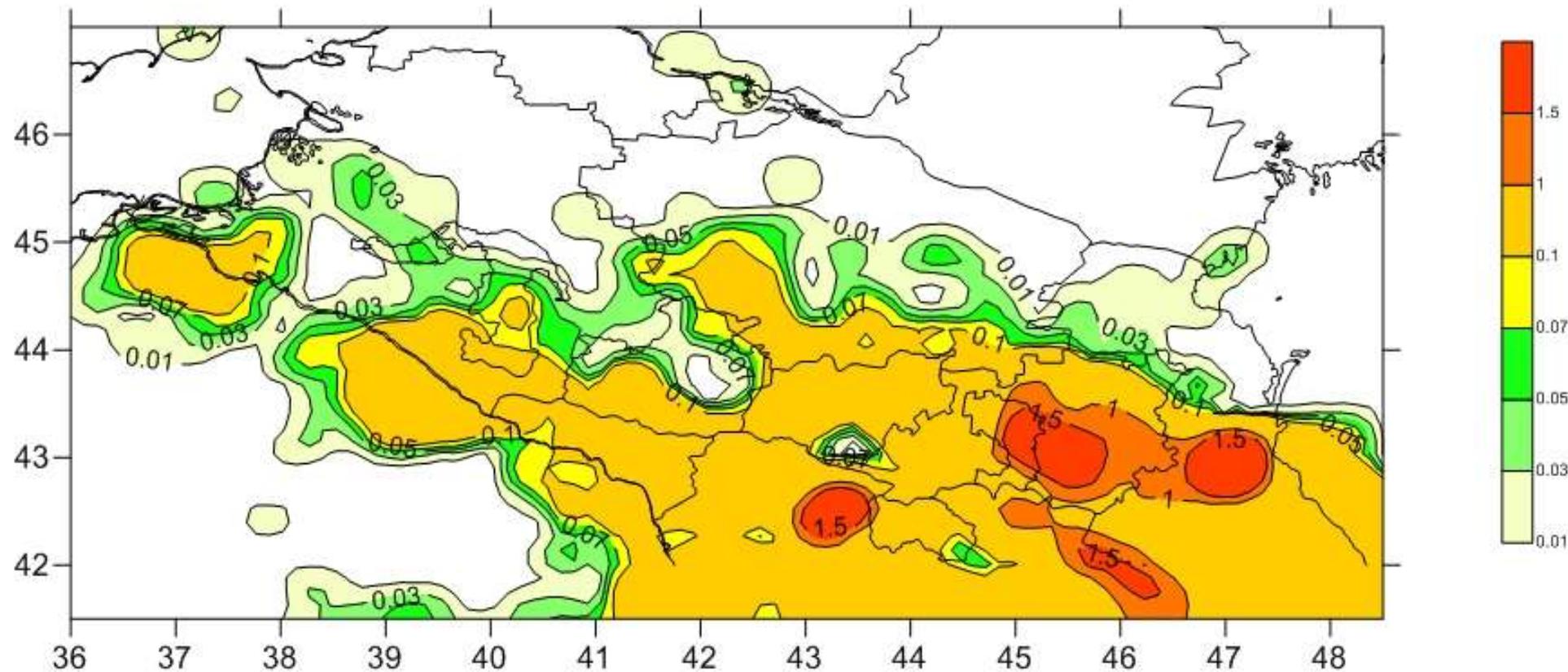
Макет карты зон ВОЗ с (M_{max})



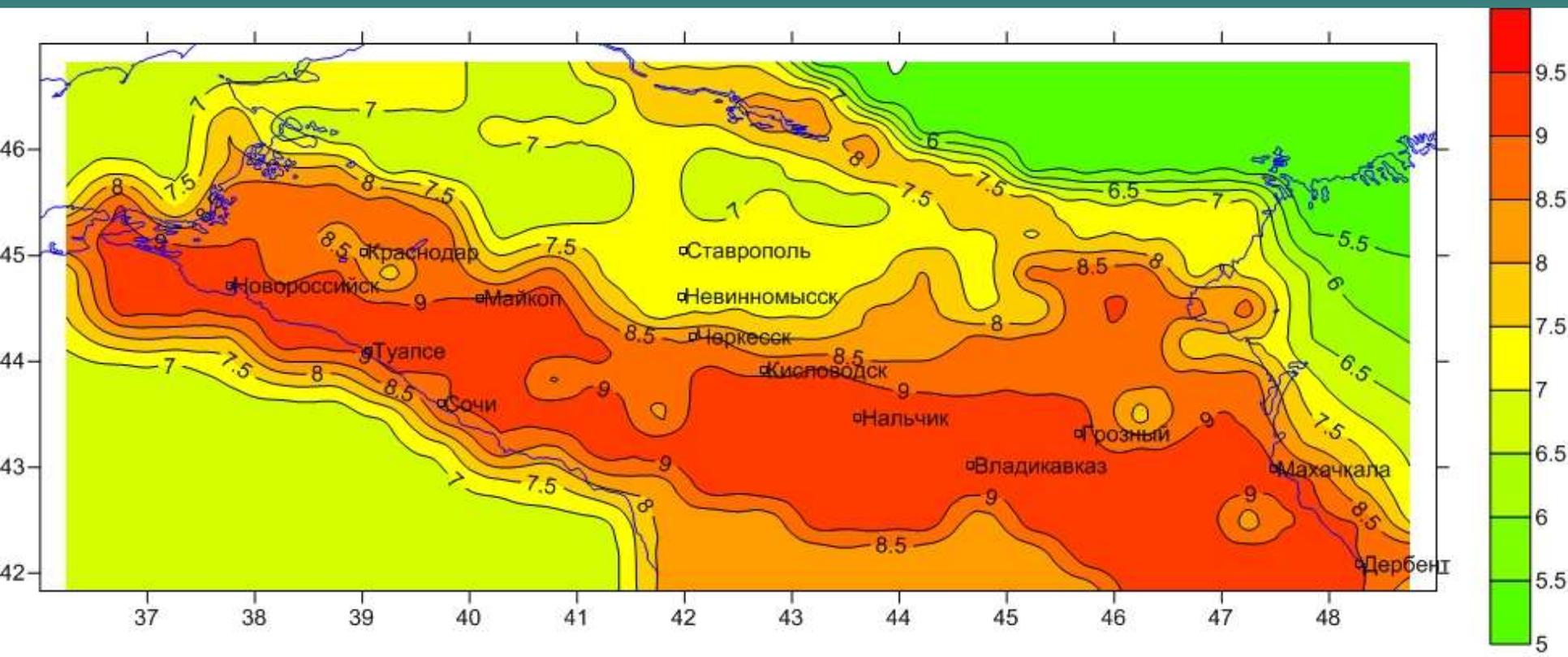
ЛДФ-модель зон ВОЗ – сейсмолинеаменты и их M_{max}



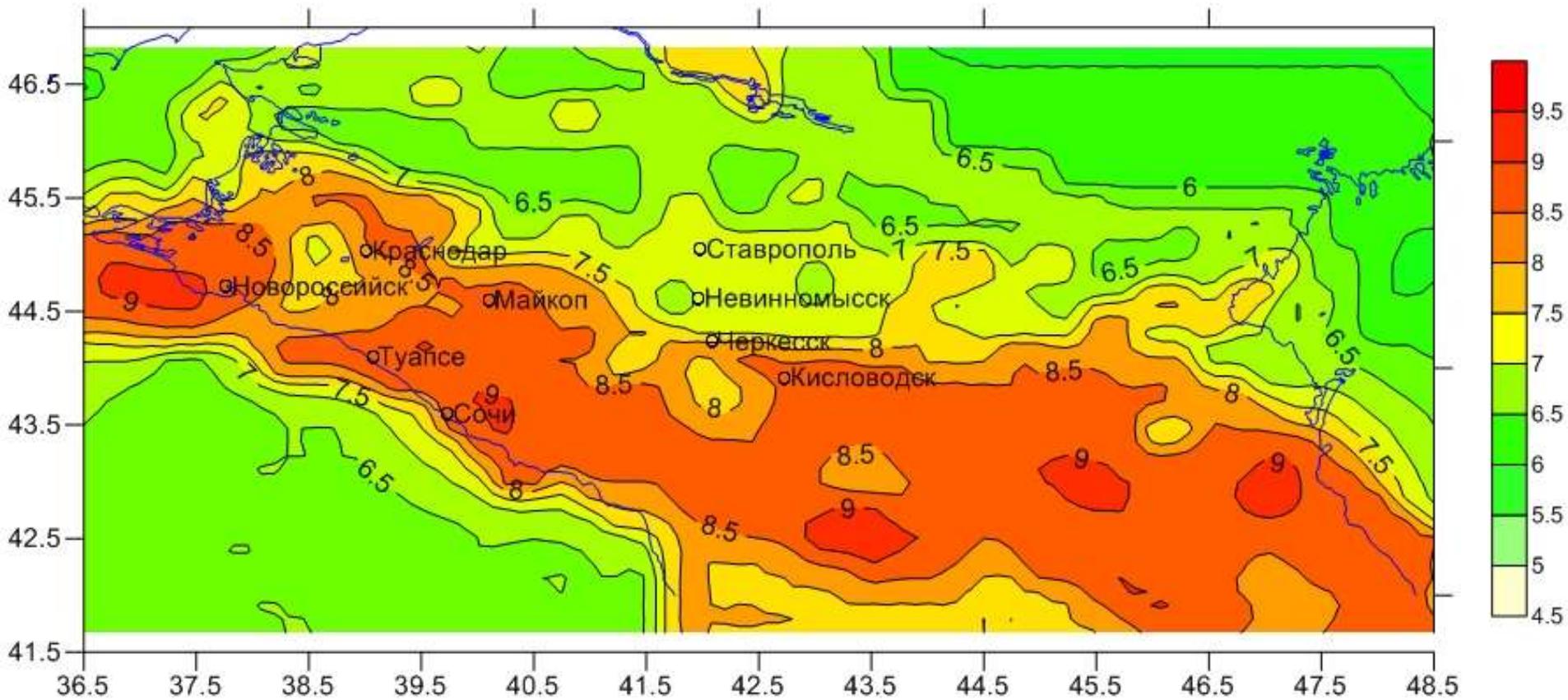
Карта сейсмической активности $A_{3.3}$ Северокавказского региона



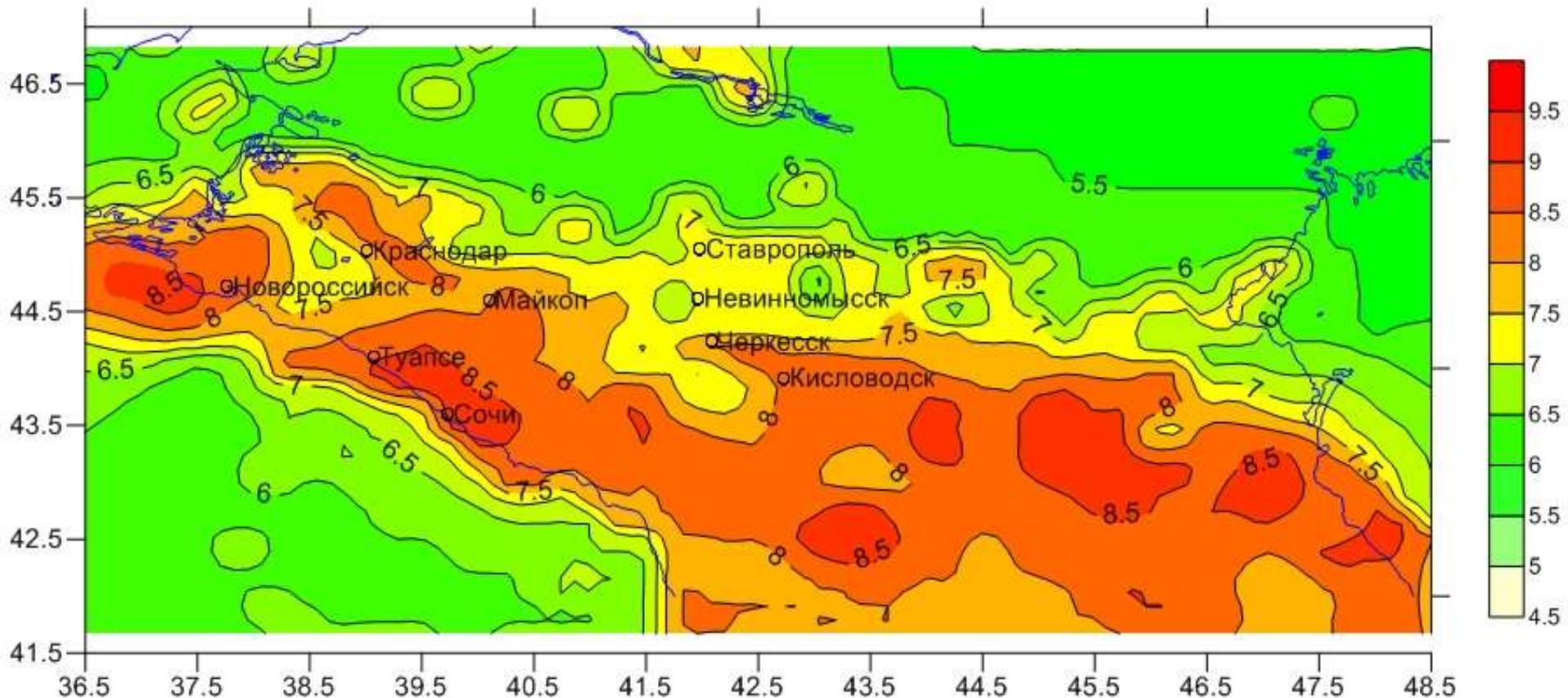
Макет карты ДСР для Северного Кавказа на детерминистской основе



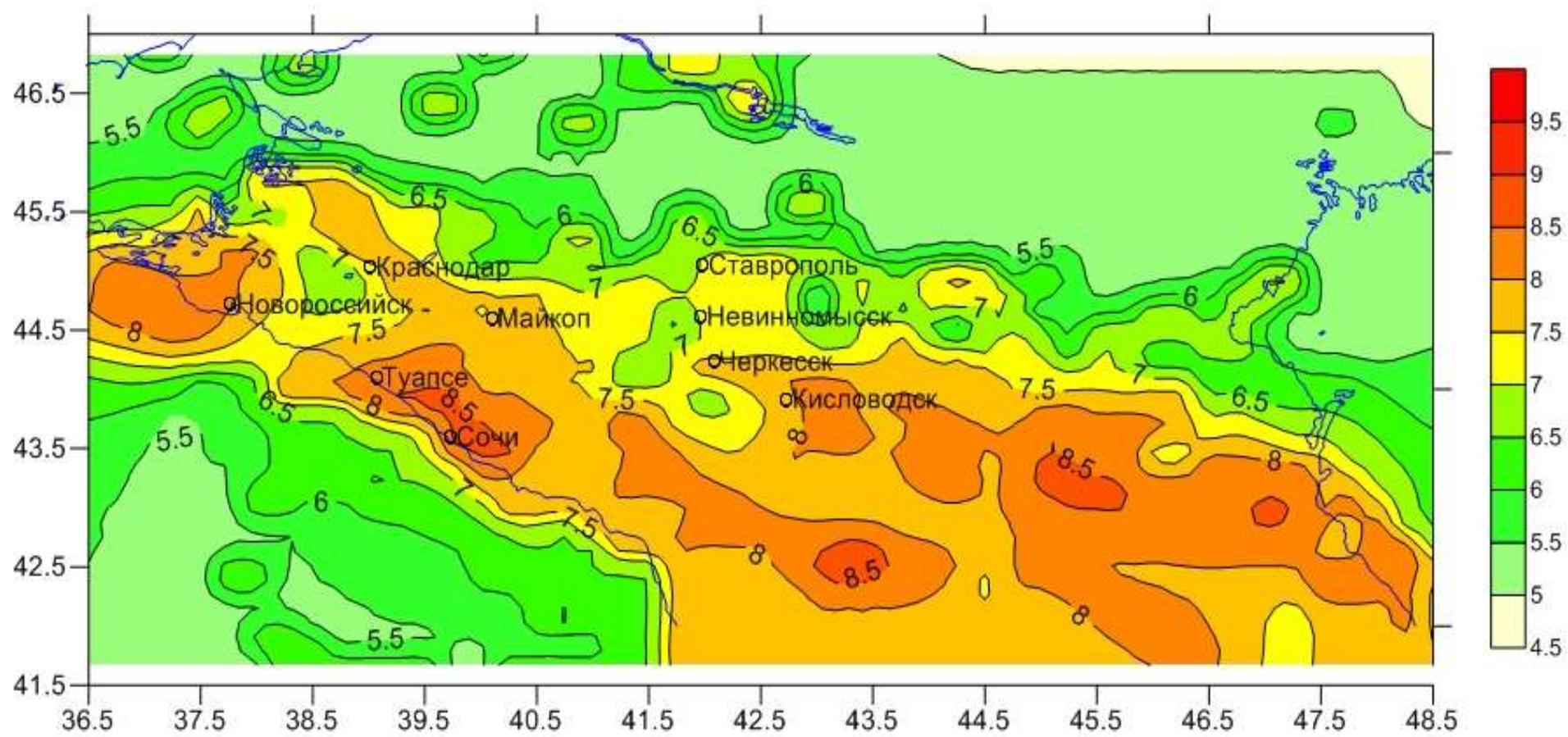
ДСР-С Северного Кавказа с 1% вероятностью превышения в течение 50 лет. Средний период повторения 5000 лет



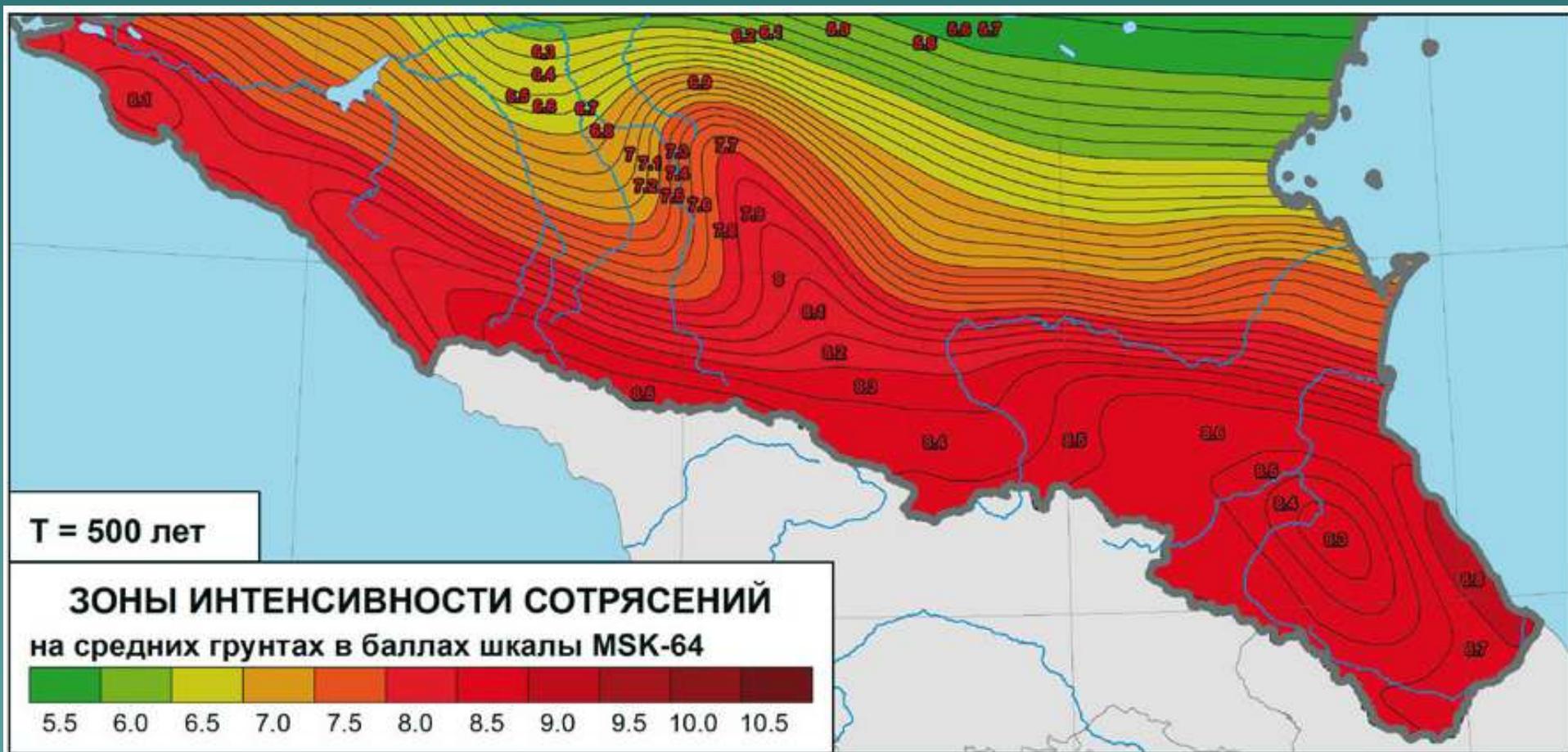
Карта ДСР-В Северного Кавказа с 5% вероятностью превышения в течение 50 лет. Средний период повторения 1000 лет



Карта ДСР-А Северного Кавказа с 10% вероятностью превышения в течение 50 лет. Средний период повторения 500 лет



Карта сейсмической опасности (А) Северного Кавказа с шагом 0.1 балла (Уломов, 1999)



Результаты комплексного сейсмологического и сейсмо-тектонического изучения позволяют сделать ряд заключений:

- ◆ На составленных картах Северокавказский регион выглядит сейсмоопасной областью, где уровень сейсмических воздействий достигает 8.5 баллов по картам А, В и несколько превышает 9 баллов по карте С (в терминах карты ОСР-97). В то же время, по сравнению с фрагментами карт ОСР-97 для Кавказа полученные результаты выглядят более дифференцировано и в целом заметно понижают уровень сейсмической опасности региона. Это представляется очень существенным на фоне активного хозяйственного освоения территории в ходе проектирования, строительства и эксплуатации гражданских объектов, трубопроводных систем высокого давления, а также олимпийских объектов Зимней Олимпиады 2014 г в Сочи.

Спасибо за внимание!

