ОЦЕНКА ТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РЕГИОНА ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Н.М. Торгаев
Таштагольский рудник, г. Таштагол

Текущую тектоническую активность региона можно оперативно определять по временным наблюдениям физических полей горных пород в шахтах, глубоких карьерах или долговременных скважинах. Измерение кажущихся электросопротивлений (Рк, Омм) горных пород, скоростей продольных волн (Vp, км/с) в них и ускорений силы тяжести (Ag, мГл) на различных уровнях от земной поверхности позволяет оценить не только напряженное состояние (относительное) горных пород, но и увидеть текущую тектоническую активность региона.

Регулярные геофизические наблюдения, ведущиеся на Таштагольском руднике для оценки напряженного состояния горных пород и прогноза горных ударов наглядно показывают, что оценить тектоническую активность региона можно из одного центра наблюдений в радиусе до 300 км. Организация подобных наблюдений на нескольких шахтах позволит выявить наиболее активный район региона, определить направление и скорость распространения деформационных волн. К примеру, одновременное наблюдение в шахтах Таштагола, Абазы (Хакасия) и Новокузнецка дадут возможность оценивать тектоническую активность юга Хакасии, где расположена Саяно-Шушенская ГЭС, захватить Горный Алтай и почти всю Кемеровскую область, а также часть Алтайского края и Новосибирской области. Наглядным примером изменений напряжений в горных породах на разных уровнях будут измерения Рк Таштагольского рудника в период подготовки Алтайского землетрясения силой до 7 баллов МСК 04.11.1986 г. Эпицентр землетрясения находился в 220 км южнее пункта наблюдения (рис. 1).

Наблюдения 15 июля и 17-20 сентября показали, что уровень Рк на горизонте-140 м резко повысился с 200 до 2300 Омм (в 11 раз), а на горизонте-210 м всего в 5 раз, с 410 до 2100 Ом. Увеличение Рк говорит о сбросе напряжений в горных породах, что приводит к увеличению их объема и неминуемым срывам неустойчивых блоков, т. е. к землетрясениям. В дальнешем наблюдаются противофазные изменения напряжений Рк на этих горизонтах. Вышележащий горизонт продолжает разгружаться от напряжений, а на нижележащем идет их увеличение. Дополнительные наблюдения на горизонте-280 м показали аналогичные изменения напряжений горизонта–140 м. Послойные, погоризонтные изменения Рк вызваны активизацией пологопадающих тектонических нарушений. Наличие противофазных изменений Рк в выработках на одном горизонте отмечено автором на данном руднике перед горным ударом в октябре-ноябре 1984 года, а также при анализе геофизических наблюдений, проведенных в период мощного горного удара 25.12. 1982 (Торгаев, 1990). Разделение массива горных пород на два независимых блока происходило в результате активизации имеющихся тектонических нарушений. Процесс начала противофазных изменений напряжений физических полей в соседних блоках есть начало раскачки блоков по активному тектоническому разлому за счет объемной деформации горных пород под действием деформационных волн Земли (Райс, 1982; Торгаев, 2006).

После начала Таштагольских землетрясений в феврале 1988 г. на активном Качуринском разломе геодезистами Института геологии и геофизики (г. Новосибирск) проводились наблюдения за деформацией земной поверхности. Многолетние наблюдения показали, что блоки горных пород, разделенные активным разломом, движутся в противоположных направлениях, в противофазе, то есть раскачиваются. Величина вертикальных смещений блоков достигала 80 мм (рис.2). На разрабатываемых нефтегазовых месторождениях Тюмени амп-

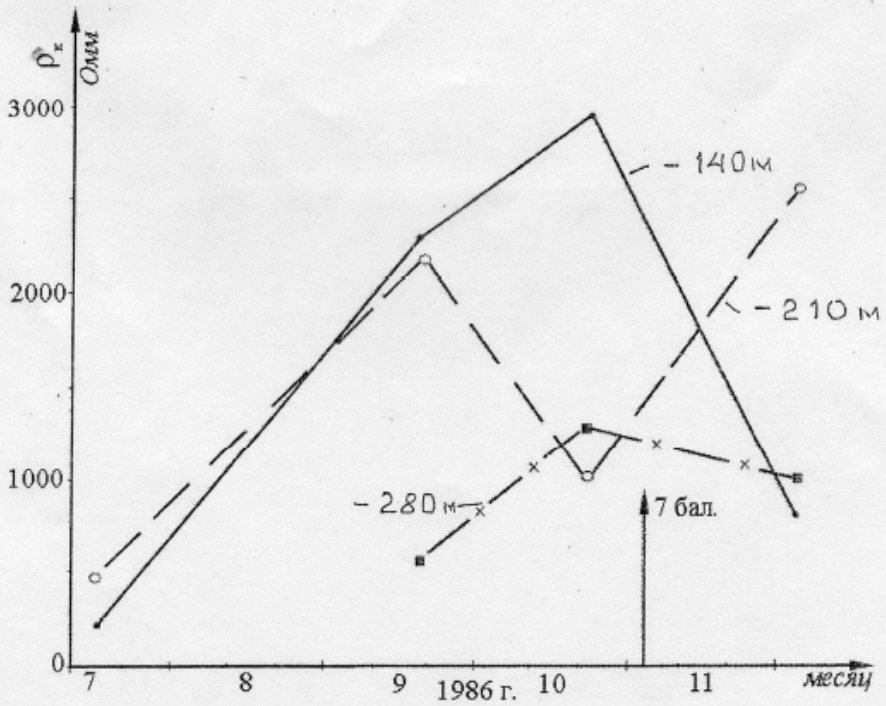

Рис. 1. Графики изменений средних значений $\rho_к$ в период Алтайского землетрясения 4.11.1986 г.

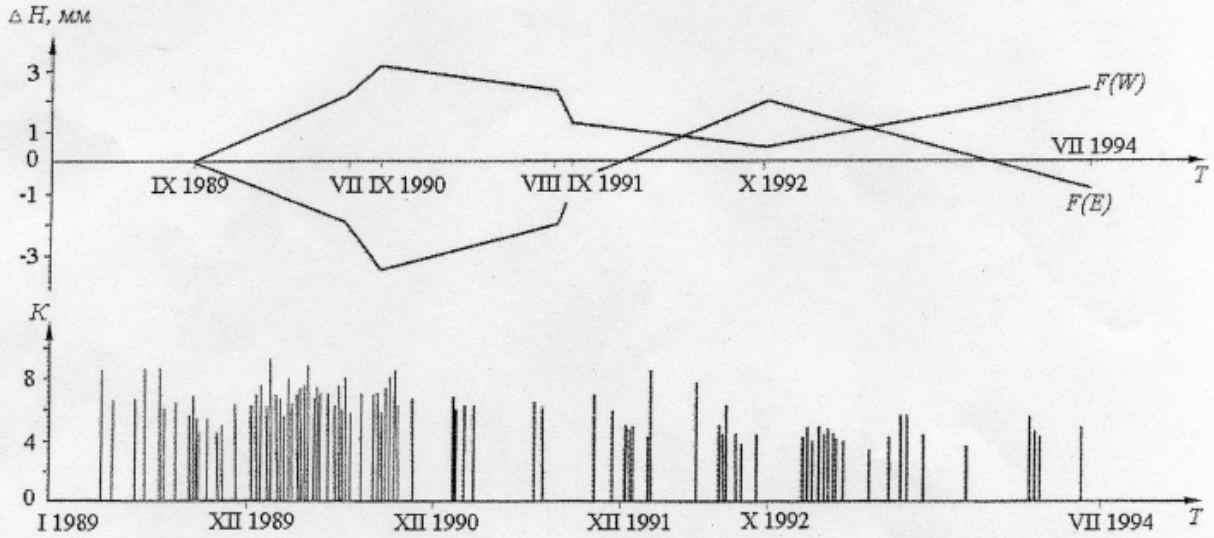

Рис. 2. Схема вертикальных движений восточного (E) и западного (W) блоков и проявление сейсмичности за период сентябрь 1989 г. - июль 1994 г. (на графике нанесены только землетрясения с К ≥ 4).

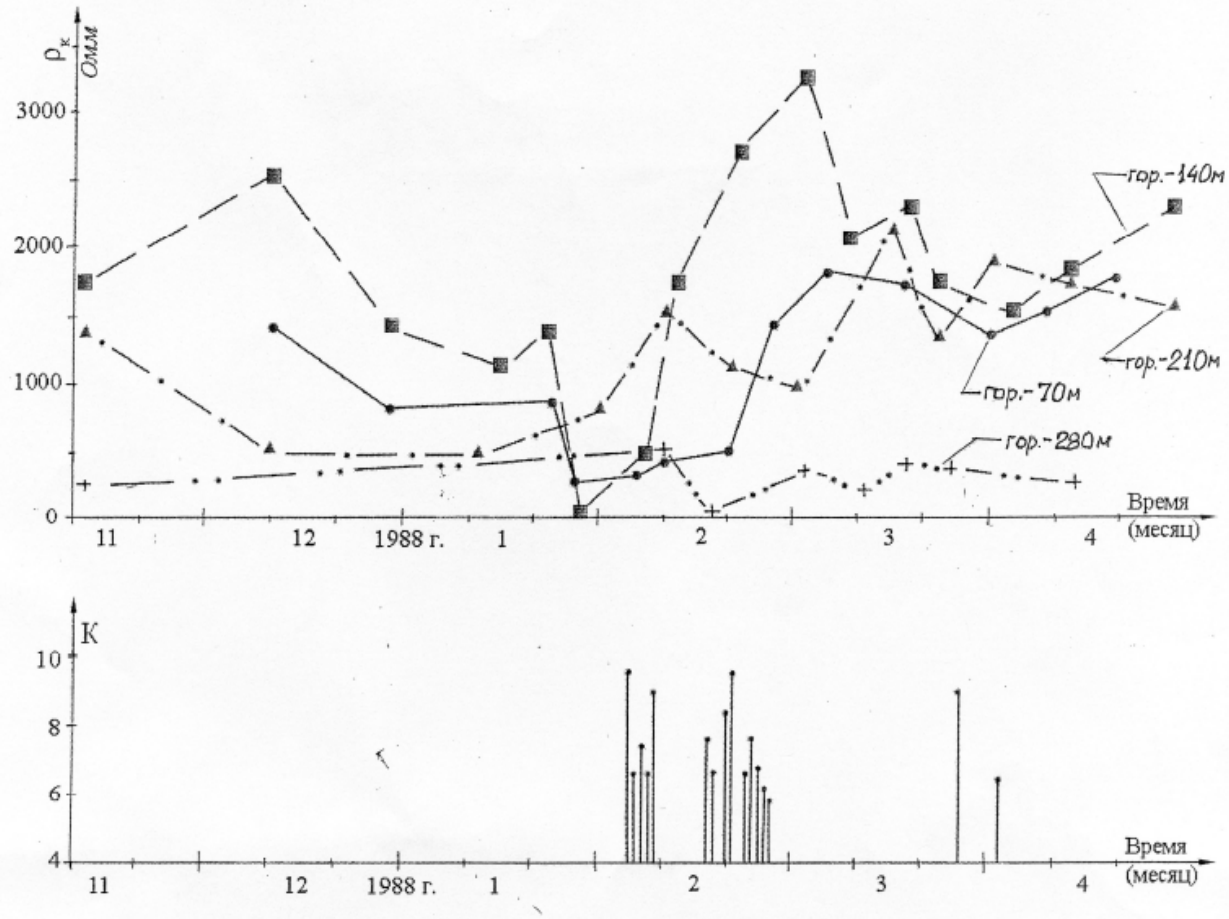

Рис.3. Графики изменения средних значений $\rho_к$ на горизонтах рудника в период Таштагольских землетрясений 1988 г.

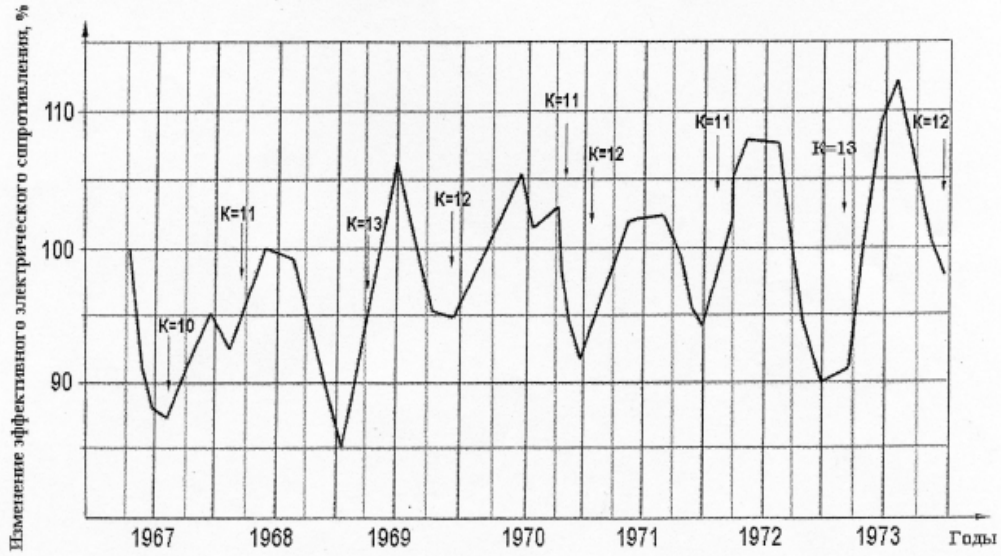

Рис. 4.. Вариации электросопротивления горных пород Памира.

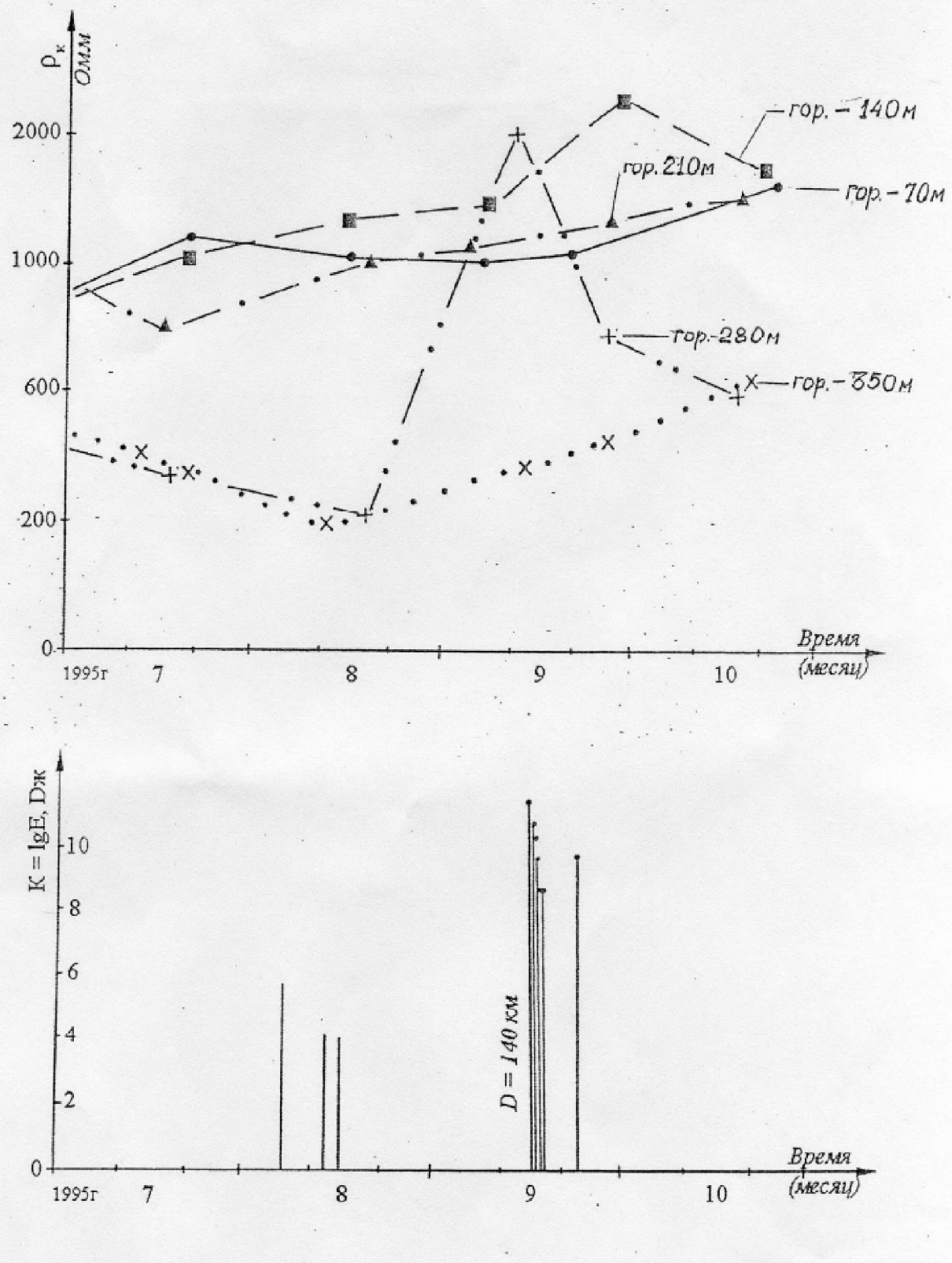

Рис. 5. Графики средних значений $\rho_к$ на горизонтах Таштагольского рудника в период Прокопьевского землетрясения 14.9.1995 г.

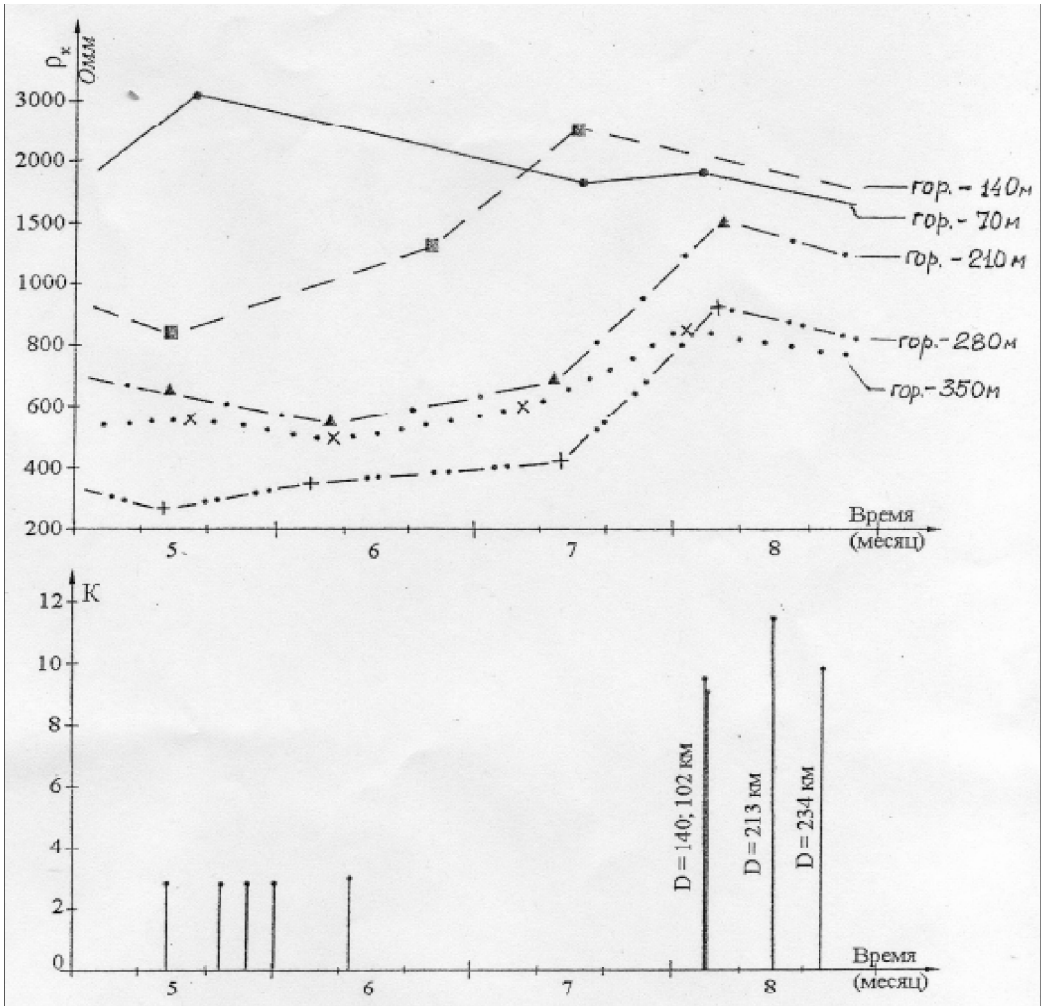

Рис. 6. Графики изменения средних значений $\rho_к$ на горизонтах в период Прокопьевского землетрясения 5.8.1998 г.

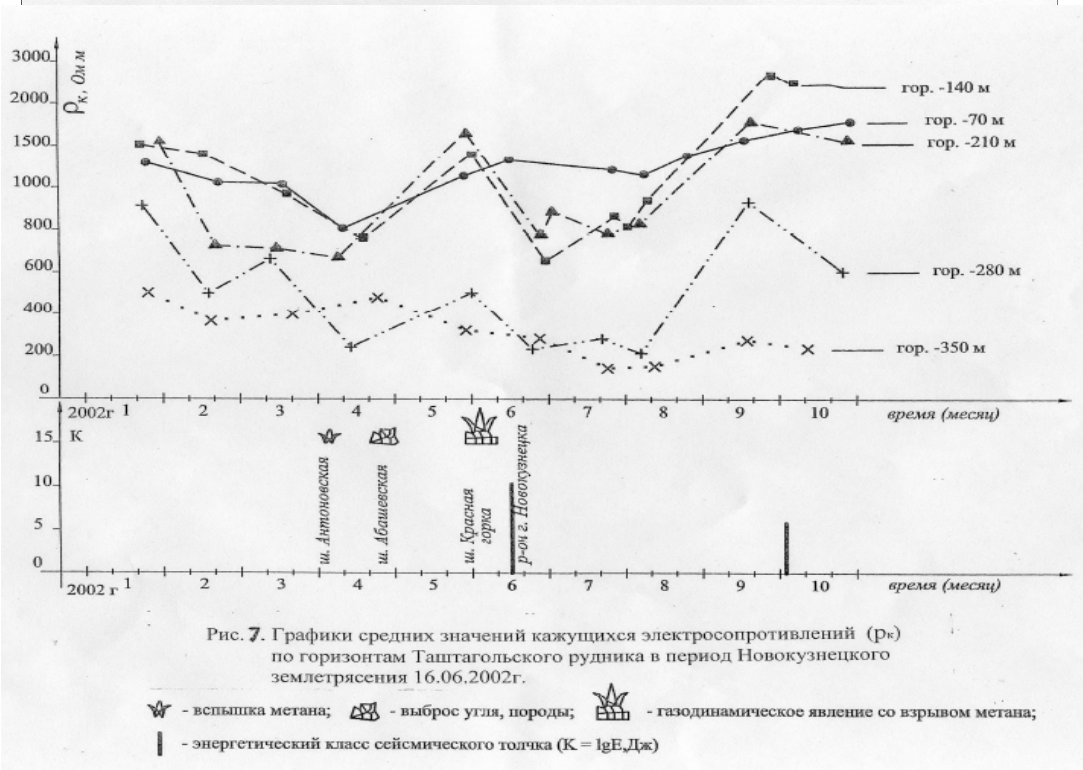

Рис. 7. Графики средних значений кажущихся электросопротивлений (рк) по горизонтам Таштагольского рудника в период Новокузнецкого землетрясения 16.06.2002г.

- вспышка метана; - выброс угля, породы; - газодинамическое явление со взрывом метана;

- энергетический класс сейсмического толчка (К = lgE,Дж)

литуда годичных вертикальных смещений блоков достигает 50 мм. «Неожиданные» Таштагольские землетрясения интенсивностью до 5 баллов начались 05.02.1988 года и продолжались, с затуханиями, более 2 лет. Неожиданными они были для дилетантов, ведь уже в 1985 году в районе рудника ощущались толчки до 2-3 баллов, и горняки, и жители не могли понять причины их возникновения. В шахте видимых разрушений и деформаций горных выработок не наблюдалось. А местная сейсмостанция по техническим причинам не могла указать координаты толчков. После первого пятибалльного толчка всё прояснилось – активизировался Качуринский разлом, расположенный в 4 км западнее рудника.

Позже анализ данных подземных электрометрических наблюдений показал, что с декабря 1987 года на горизонтах–70, -140, -210 м отмечалось понижение Рк (увеличение напряжений), а середины января 1988 года начался подъем уровней Рк (сброс напряжений). Но в конце января, на горизонтах–70 м и –140 м уровень Рк резко понизился. На горизонте –140 м средний уровень Рк по горным выработкам достиг 20 Омм. Подобное понижение уровня Рк наблюдалось на грузовом квершлаге горизонта–140 м перед мощным горным ударом в декабре 1982 года. Через неделю начались землетрясения (рис. 3). Аналогичные примеры изменений напряжений в земной коре наблюдались на Памире при геофизических работах по прогнозу землетрясений (работы Института физики Земли, г. Москва). Многолетние измерения на стационарной электрометрической станции показали, что после уменьшения Рк горных пород наступал процесс его увеличения, сброса напряжений, а вот в этот период обязательно происходило землетрясение (рис. 4).

В 1995 году, в период общепланетарного увеличения тектонической активности и сейсмичности, 14 сентября в 15 км к югу от г. Прокопьевска (Кемеровская область) произошло землетрясение магнитудой до 5-6 баллов МСК. Процесс накопления и сброса напряжений в земной коре четко фиксировался изменениями Рк по наблюдениям на Таштагольском руднике. После 22 июня, когда произошло землетрясение на стыке Тувы, Монголии и Республики Алтай, на нижних горизонтах рудника отмечалось постепенное уменьшение Рк (рис. 5). Сейсмостанция рудника зафиксировала в августе три местных толчка четвертого-шестого энергетических классов. После этих толчков на нижних горизонтах начался процесс сброса напряжений, на вышележащих горизонтах значительных изменений Рк не наблюдалось. Через 25-30 дней произошло Прокопьевское землетрясение, эпицентр которого находился в пределах Тырганского надвига. Активность Тырганского надвига проявляется в периодических землетрясениях в районе городов Гурьевска, Салаира и Белово. Пятого августа 1998 года вновь произошло Прокопьевское землетрясение силой 4-5 баллов. Надо заметить, что землетрясения в этом районе начали фиксироваться с 1881 года, когда произошло землетрясение до 5 баллов в районе с. Томского на реке Чумыш. Даже само название надвига – Тырган (переводится с тюркского как «Дрожащие горы») - говорит о высокой сейсмичности района начиная с древних времен. На рис. 6, по данным электрометрии, с мая месяца 1998 года, отмечается постепенное уменьшение напряжений в земной коре, а Таштагольская сейсмостанция зафиксировала в мае-июне 5 толчков. Быстрый сброс напряжений отмечен с середины июля. Результат – через 20 дней землетрясение. На верхних горизонтах рудника (-70 и –140 м) происходили противофазные изменения напряжений. Более точные данные о времени накопления и начала сброса напряжений можно получить при увеличении частоты наблюдений. Необходимо делать их как минимум 3-4 раза в месяц.

Совсем другая картина изменения напряжений в земной коре наблюдалась при подготовке Новокузнецкого землетрясения 16 июня 2002 года. Энергетический класс толчка достигал 10 (рис. 7). С февраля напряжения в нижних горизонтах (-280 и –350 м) изменялись противофазно (признак высокой тектонической активности), при этом изменение напряжения на горизонте –280 м происходило согласованно с вышележащими горизонтами. Общее увеличение напряжений на четырех горизонтах с середины апреля отметилось сбросом,

разгрузкой горных пород. В это время на шахте Антоновской в Новокузнецке произошла вспышка метана, а на шахте Абашевской - обрушение пород в горной выработке. Июнь начался с увеличения напряжений, а на шахте Красная горка в Прокопьевске произошла вспышка метана с обрушением кровли. В районе Новокузнецка у пос. Листвяги Таштагольская сейсмостанция зафиксировала толчок. Общее понижение уровней Рк на всех пяти горизонтах в июне – июле, а затем резкое повышение с началом августа, и как следствие – землетрясение 6-7 классов. Эпицентр толчка не установлен.

ВЫВОДЫ

1. Повышение (усиление) тектонической активности региона отмечается противофазными изменениями напряжений физических полей в горных породах на различных уровнях от земной поверхности.

2. Накопление и сброс напряжений на самых нижних горизонтах кончается сейсмическим толчком.

3. Продолжительность накопления и сброса напряжений в земной коре для каждого региона своя. При этом длительность накопления прямо пропорциональна мощности готовящегося землетрясения.

4. По данным временных разноуровневых наблюдений возможен прогноз землетрясений с точностью от 7 до 1 суток в радиусе до 300 км. Для более точного прогноза необходима информация о 3-5 случаях произошедших землетрясений в период наблюдений.

5. Данная методика может эффективно применяться на островах и в прибрежных зонах сейсмо- и вулканоактивных регионов для прогноза землетрясений и цунами.

Краткосрочный прогноз землетрясений (несколько часов) может быть достигнут при одновременном изучении физических полей Земли, включая магнитное и электромагнитное поля, а также наблюдениями за уровнем грунтовых вод и за газовыделениями.

Литература

Райс Дж. Механика очага землетрясения. М. Мир, 1982. 217 с.

Торгаев Н.М. Прогнозирование горных ударов с использованием электрометрического метода. Горный журнал. 1990, № 6. С. 52-57.

Торгаев Н.М. Опыт выявления активных разломов и прогноза землетрясений. Природные ресурсы Горного Алтая. Изд. ГАРО-РОСГЕО. Горно-Алтайск. 2006, № 2, с. 34-45.