

УДК 550.341.5

ГЕОФИЗИКА

Г. И. ВОЙТОВ, Г. Д. ОСИКА, Т. Г. ГРЕЧУХИНА,
И. А. ПЛОТНИКОВ

**О НЕКОТОРЫХ ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ
ДАГЕСТАНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 14 V 1970 г.**

(Представлено академиком М. А. Садовским 13 I 1971)

При описаниях землетрясений в литературе чаще всего обсуждаются их геолого-тектонические последствия, иногда ⁽¹⁾ упоминаются некоторые геохимические эффекты, сопровождающие накопление упругих деформаций в гипоцентрах землетрясений на различных этапах процесса; в работе ⁽²⁾ отмечаются деформации поверхности, изменения дебитов нефтяных и газовых скважин в Калифорнии после землетрясений 1905, 1916, 1952 гг.

При землетрясении Бихар-Непал (Индия) в 1934 г. ⁽³⁾ наблюдали образование фонтанов, струй и «гейзеров» воды; ее уровень в колодцах колебался даже на значительных расстояниях от эпицентра землетрясения. Спорадически отмечались ⁽⁴⁾ изменения химического состава газов и вариации изотопов углерода двуокиси углерода в выходах газов в зонах тектонических нарушений, изменения содержания радона ⁽¹⁾ в водах изливающихся скважин и т. д. Систематические исследования хода таких процессов не проводились. Поэтому представляет интерес систематизация данных, полученных после землетрясения 14 V 1970 г. в Дагестане.

Эпицентральная зона этого землетрясения (сила 8 баллов, магнитуда — 6,7) локализована в области Дагестанского клина. В тектоническом отношении зона приурочена к пересечению глубинных разломов в породах кристаллического основания: Сулакского (антикавказского простирания) и продольного (субкавказской ориентации). Общая мощность земной коры в районе эпицентра составляет около 30 км. По инструментальным данным на такой же глубине находится гипоочаг землетрясения.

Таблица 1

Место отбора	H ₂	He	O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄
1-й зияющий разрыв	0,038	до 0,001	20,82	78,90	до 0,1	0,00014
2-й зияющий разрыв	0,014	до 0,001	20,31	79,58	до 0,1	0,00013

Геоморфологические последствия землетрясения проявляются в виде многочисленных осыпей и обрушений в областях выходов на поверхность песчаников чокракского и караганского возраста в пределах Нарат-Тюбинского хребта, в виде зияющих трещин и оползней в районе сел Ахатлы, Зубутль, Миатлы и Эпи-булак. В последнем случае образовалась грабенообразная впадина (размер 400 × 600 × 40 м), причем часть одного из отрогов хребта оказалась смещенной примерно на 400 м. Выше грабенообразной впадины отрог разорван несколькими поперечными зияющими трещинами.

Геохимические последствия землетрясения. 1. Газопроявления*. В эпицентральной зоне землетрясения отмечен интенсивный ток газов с площади грабенообразной впадины в атмосферу. В образцах газа (табл. 1), отобранных из зияющих трещин в условиях интенсивного бокового потока воздуха, содержится свободный водород в количествах, превышающих содержание этого компонента в земной атмосфере на 5—6 порядков. В образцах газа содержится гелий и двуокись углерода (на порядок больше их содержания в атмосфере), а также углеводороды, преимущественно метан (содержание последнего на 2—3 порядка превосходит его содержание в атмосфере).

2. Изменение химического состава вод. Общая минерализация и pH излившихся вод после землетрясения изменяется незначительно, однако их солевой состав подвергается существенным колебаниям. В табл. 2 приведены данные солевого состава вод двух обычных излившихся скважин: № 3 (разведочная площадь Заузенбаш, зона семибалльного землетрясения; 10—15 км от эпицентра) и № 2 (площадь Исти-Су, зона семибалльного землетрясения, в 5—6 км к северу от эпицентра). Общая минерализация вод излившейся скв. № 3 на площади Заузенбаш изменилась незначительно. Содержание H_2SiO_3 , SO_4 , J_2 , Br_2 и NH_4 после основного толчка резко уменьшилось, в то время как содержание HBO_3 , Ca, Mg и частично Cl увеличилось. Практически стабильным осталось содержание $Na + K$.

Общая минерализация вод из скв. № 2 Исти-Су унаала; солевой состав вод (соотношения между компонентами) подвергся существенному изменению (табл. 2). С течением времени, несмотря на повторяющиеся афтершоки различной магнитуды, солевой состав вод начал приобретать свой первоначальный облик.

3. Изменение дебитов скважин. Территория, на которой в видимой форме проявились изменения дебитов вод, нефтей и газов в скважинах и естественных выходах, охватывает районы, лежащие да-

* Химический состав газов может быть весьма чутким индикатором изменения свойств и состояния горных пород в очаге землетрясения. Этот вопрос заслуживает специального внимания и может быть решен путем постановки специальной методической работы, причем наиболее информативными компонентами газов могут быть водород, гелий, двуокись углерода и группа углеводородов метанового ряда.

Таблица 2

	Геолот. возраст вскрытых отложений.	Дата отбора	pH	Общая минерализация, г/л	Солевой состав, мг/л										
					H_2SiO_3	HBO_3	Na + K	Ca	Mg	Cl	SO_4	HCO_3	J	Br	NH_4
Заузен-баш, скв. № 3	Верхний мел	4 VIII 67	7,6	4,22	42,0	2,5	4807,0	8,0	4,0	4246,3	46,4	2379,0	2,5	43,5	24,6
	То же	20 VI 70	7,3	4,37	4,4	22,75	1817,0	22,04	7,30	4346,1	43,99	2324,2	Исч. обн.	Исч. обн.	Исч. обн.
Исти-Су, скв. № 2	» »	12 VIII 70	7,6	4,53	25,94	2,41	1820,0	25,0	9,42	4347,5	Исч. обн.	256,2	0,85	40,85	4,5
	Цокрак свита А	6 VI 60	8,0	2,92	59,0	45,8	942,5	6,40	4,26	308,9	905,0	695,4	0,08	4,65	42,0
	То же	12 VIII 70	8,05	2,37	44,40	0,65	849,8	14,02	5,42	297,9	836,4	496,4	Исч. обн.	4,68	4,5

леко за пределами эпицентральной зоны землетрясения. Отчетливые признаки таких изменений наблюдались в районах Грозного, Пятигорска, Дербента (в зоне 5—6 баллов), т. е. на расстоянии 100—250 км от эпицентральной зоны. Эти изменения проявляются в одних случаях в форме увеличения дебитов скважин и источников, в других — в их уменьшении, в третьих — в восстановлении газоотдачи выведенных из эксплуатации скважин (месторождение Ачи-Су). Рассмотрим несколько частных случаев таких изменений.

Нефтяное месторождение Гаша (40—50 км от эпицентра).

а) В скв. № 23 (рис. 1а) вслед за «разгрузкой» напряженного состояния пород резко (на порядок) возрос дебит нефти. Излив воды увеличился бо-

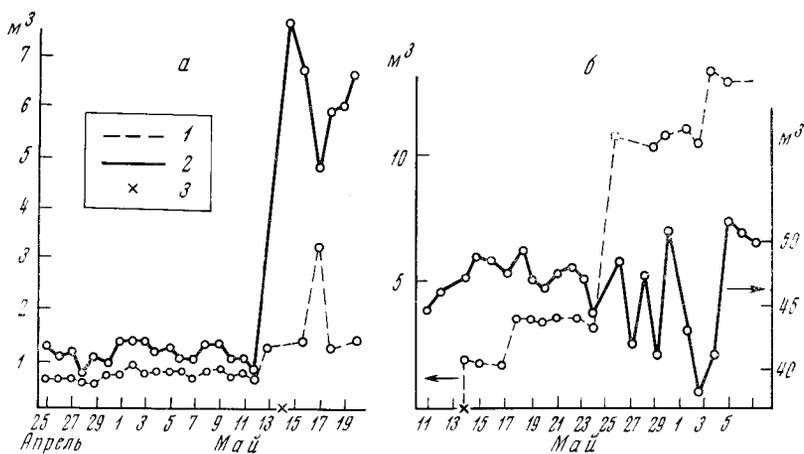


Рис. 1. Изменение суточных дебитов воды и нефти в скв. №№ 23 (а) и 30 (б) нефтяного месторождения Гаша после основного толчка. 1 — вода, 2 — нефть, 3 — момент землетрясения

лее чем в 3 раза. Последующие афтершоки вызывали колебания дебитов нефти и воды в этой скважине, однако падения последних до уровня, предшествовавшего основному толчку 14 V 1970 г., не отмечается.

б) В скв. № 30 (рис. 1б), прежде сухой, после основного толчка появилась вода, дебиты которой ступенчато возрастали на протяжении мая и июня 1970 г., достигнув к началу июля 15 м^3 в сутки. Дебиты нефти из скважины после основного толчка увеличились на 3—5 м^3 в сутки. При последующих афтершоках дебиты нефти из скважины испытывали существенные вариации.

Нефтяное месторождение Избербаш (50—60 км от эпицентра, зона 6,0—6,5-балльного землетрясения). Практически во всех скважинах наблюдались изменения дебитов нефти, воды и газа. Характер таких колебаний показан (рис. 2) на примере нефтяной скв. № 13 (глубина забоя 1300 м, вскрыты нефтеносные песчаники чокракского возраста). Увеличение дебитов нефти и вод в этой скважине стало наблюдаться примерно за 14—15 дней до основного толчка. Последующие колебания дебитов этой скважины (рис. 2) связаны с афтершоками, причем своеобразные их всплески соответствовали тектоническим толчкам с магнитудами свыше 4,0. Характер изменения дебитов газа в скважине повторяет характер изменения дебитов нефти.

Механизмы возникновения упругих деформаций и их разгрузки рассматривались неоднократно. Очевидно, изменения дебитов скважин и источников определяются теми же причинами, которые приводят к возникновению собственно землетрясений: резкими сдвиговыми перемещениями масс горных пород в земной коре или более глубоких горизонтах Земли. Возникаю-

щие при этом сейсмические волны сжимают или растягивают водоносные (нефтеносные, газоносные) горизонты и выжимают из них дополнительные порции флюидов в скважины (источники).

Более сложны причины колебания химического состава газов и вод. Очаг возникновения упругих деформаций и окружающая его среда представляют, очевидно, термодинамически неравновесную систему. Неравновесием этой системы определяются характер и интенсивность геохимических процессов, направление и ход которых в этой зоне можно в ряде случаев контролировать, используя возникающие в системе наиболее летучие продукты — природные газы. При этом, в соответствии с существующими представлениями⁽³⁾, можно предполагать, что на первом этапе процесса деформации пород гипоцентральной области будет постепенно усиливаться разгрузка из нее всех газов, включая двуокись и окись углерода и газы углеводородного ряда. На втором и третьем этапах развития процесса в обмене между гипоцентральной областью и окружающей средой и атмосферой будут участвовать в основном наиболее подвижные газы — водород и гелий. Наконец, на четвертом этапе — этапе релаксации упругих напряжений — произойдет спонтанная разгрузка газов (накопившихся в течение первых этапов и возникших в момент разгрузки других напряжений), состав которых будет определяться как особенностями процессов в гипоцентральной области на первых этапах возникновения упругих деформаций, так и условиями резко изменившихся давлений и температур. Очевидно, приводимый химический состав газов и вод (табл. 1, 2) отражает особенности геохимических процессов в гипоцентральной области землетрясения на одной из заключительных стадий неравновесного процесса. При этом водород, двуокись углерода и гелий в газах и кремниевую кислоту в водах необходимо рассматривать как продукты, возникающие в неравновесных процессах в условиях существенно высоких температур и давлений на больших глубинах.

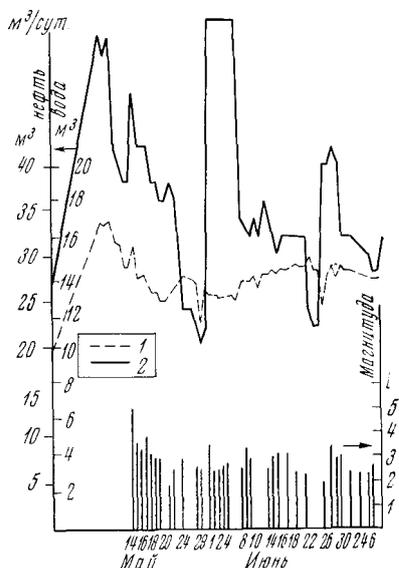


Рис. 2. Характер изменения суточных дебитов воды (1) и нефти (2) в скв. № 13 месторождения Избербаш на фоне повторяющихся афтершоков

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
28 XII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Уломов, Б. З. Мавашев, ДАН, 176, № 2 (1967). ² К. Штейн-бругге, Д. Моран, Инженерный анализ последствий землетрясений 1952 г. в Южной Калифорнии, 1957. ³ Ч. Ф. Рихтер, Элементарная сейсмология, 1963. ⁴ А. И. Фридман, Газы рудных месторождений, 1969.