



В.н.с. СКО ИГЕМ РАН  
**Б.Р. Кусов**

## Флюидодинамика как предвестник геодинамических процессов

**Б.Р. Кусов**

Известно, что тектонические процессы в недрах нашей планеты постоянны во времени и в пространстве, меняется лишь их интенсивность. В силу огромного влияния на жизнь человечества во многих странах и регионах их изучению уделяется большое внимание. Одной из главных целей изучения этих процессов является выход на прогноз землетрясений и других опасных геологических процессов. Эта задача особенно актуальна для сейсмически активных регионов, к которым относится и Кавказ.

В последние десятилетия в результате обработки профилей глубинного сейсмического зондирования и проведения сверхглубокого бурения на континентах, интенсивного изучения дна мирового океана, а также околоземного пространства и всей Земли в целом космическими методами установлены факты, которые могут быть использованы для успешного прогнозирования землетрясений и других опасных геологических процессов. Известно, что землетрясение есть результат мгновенной разрядки anomalно напряженного состояния отдельных участков (блоков) земной коры. Поскольку горные породы земной коры содержат различные флюиды, то напряженное состояние их неизбежно передается и на флюиды, которые под воздействием этого напряжения ведут себя иначе, чем горные породы. Свойства флюидов, благодаря которым на одно и то же явление (событие) они реагируют по-разному, – это их плотность и подвижность, по которым они резко отличаются от горных пород. Благодаря высокой подвижности подземные флюиды реагируют на любое изменение напряженности вмещающих горных пород, еще не приводящее к землетрясению, но которым неизбежно сопровождается процесс подготовки любого землетрясения. Поэтому результаты наблюдений за подземными флюидами давно используются для решения различных задач в геологии, особенно в сейсмически активных регионах. Например, сопоставление концентрации гелия в подземных водах и результатов повторного нивелирования по профилям через Южный Урал показало, что зоны повышенной проницаемости

земной коры, выявленные по результатам гелиевой съемки, совпадают с разрывными нарушениями, по которым происходят новейшие и современные движения земной коры [1].

В Донецком бассейне и Волновахско-Батайском районе для трассирования разрывных нарушений были применены гидрогеохимический и йодолитохимический методы. Аномальное содержание йода обнаружено в водах зон разломов, причем аномалии прослеживаются в водах зон тектонически активных разломов. Вблизи других разломов йод в водах содержится в фоновых концентрациях [5].

В Припятском прогибе (Белоруссия) содержание химически активных компонентов (например, йода и аммония) в подземных водах в зонах активных разломов значительно выше, и там они образуют локальные аномалии [4].

В районе Кавказских Минеральных вод (КМВ) в 1979–1985 гг. по 5 скважинам ежедневно проводились газогидрохимические исследования. В целом наблюдается совпадение во времени экстремальных значений гидрохимических показателей с периодами повышенной сейсмической активности. На дальние (250 км и более) сильные землетрясения реагируют в основном газы. За 4–8 дней до местных (слабых) землетрясений отмечались 2–3-дневные депрессии концентрации гелия, однако не все землетрясения предваряются предвестниковыми аномалиями гелия. Из 41 землетрясения в районе КМВ с 1993 г. по 1997 г. только 24 предварялись аномалиями гелия [6].

Несмотря на то, что систематические целенаправленные исследования отсутствовали, было отмечено, что скважина № 13 Избербашского нефтяного месторождения за 14–15 дней до Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. без видимых причин начала увеличивать дебит воды и нефти. Последующие колебания дебитов этой скважины были связаны с афтершоками. Скважина расположена в 50–60 км от эпицентра землетрясения силой 6,6 балла [2].

Сводка о зафиксированных высокоамплитудных вариациях – предвестниках различных пара-

метров (уровень, дебит, температура) подземных вод по разным регионам приводится в работе [3].

На рис. 1 показано расположение наблюдательных скважин и очагов землетрясений в северо-восточном Китае. По скв. Юе-42 уровень воды перед Таншаньским землетрясением 28.07.1976 г. снижался, с середины мая 1976 г. скорость снижения возросла, а 23.07.1976 г. начался подъем уровня, который резко усилился за 2 ч до толчка. При этом произошел самоизлив воды, что соответствует повышению уровня более чем на 10 м.

На скв. Ксюн-3 при фоновой температуре изливающейся воды около 71°C отмечены два резких снижения температуры с амплитудами 5,2 и 5,4°C перед Таншаньским землетрясением. Минимумы температур были зафиксированы 21.05.1976 г. и 26.07.1976 г.

На нефтяной скв. Мо-1, где добыча не производилась из-за малого притока нефти, от-

мечено ее фонтанирование перед Таншаньским землетрясением: 21.07.1976 г. Из скважины внезапно вырвалась струя нефти, которая поднялась на высоту около 20 м.

Перед Таншаньским землетрясением 28.06.1976 г. наблюдались высокоамплитудные вариации показателей не только флюидного режима, но и некоторых других геолого-геофизических параметров. Так, в районе Таншаня были зафиксированы вертикальные смещения по разлому до 7,2 мм, неприливные изменения силы тяжести до 0,19 мГал, повышение температуры почвы на глубине 0,8 м на 1,6°C [3]. Обращает на себя внимание тот факт, что скважины Ксюн-3 и Мо-1 находятся примерно на равном удалении от Датунского и Таншаньского очагов землетрясений, но они реагировали только на Таншаньское. А скважина Дин-8-1, находящаяся на расстоянии в два раза больше, чем Ксюн-3 и Мо-1, реагировала только на Датунское землетрясение. То

### Основные характеристики связанных с землетрясениями высокоамплитудных вариаций уровня, дебита и температуры подземных вод

Местоположение и номер скважины	Глубина фильтра или открытого ствола, м	Время вариаций	Амплитуда вариаций уровня (Н), дебита (Q), температуры воды (Т)	Характер вариаций	Дата землетрясения	Магнитуда	Эпицентральное расстояние,
Прикопетадская зона Нижняя Фирюза-2г	57–1210	31.08.1975– 20.04.1976	H=7.2м	Резкое падение с частичным восстановлением	08.04.1976	7.0	560
«	«	25.04.1976– 27.10.1976	H=8.4м	Резкое падение с восстановлением	17.05.1976	7.3	560
«	«	28.07.1990– 18.08.1990	H=15.2 м	Резкое, затем постепенное падение без восстановления	18.08.1990 30.08.1990 09.09.1990	5.7 5.1 5.6	220 90 90
Джанахир-Зв	1300–1600	16.08.1988– 17.08.1988	H=11.4м	Резкое падение с частичным восстановлением	16–17.08.1988	4.7	200
Казанджик-1гс	513–958	11.12.1986– 08.01.1987	H=8.6м	Падение с восстановлением	26.12.1986	5.0	220
«	«	18.01.1987– 07.09.1987	H=57.0 м	Падение без восстановления	07.09.1987	5.4	70
Ферганская зона Андижан-1	550	24.10.1984– 27.10.1984	H=16м	Пиковый подъем и снижение уровня	26.10.1984	6.4	180
Ходжаабд-745	1860	28.09.1978– 02.11.1978	Q от 12 до 0 л/с	Прекращение и восстановление излива воды	02.11.1978	6.8	160
Армения Каджаран	–	15.03.1999– 20.11.1999	Q = 2.1 л/с	Подъем, скачок и снижение дебита	17.08.1999	7.4	1380
Северо-Восточный Китай Юе-42	540–707	21.05.1976– 28.07.1976	H> 10м	Снижение уровня с последующим резким повышением и изливом	28.07.1976	7.8	12
Ксюн-3	974–1020	20.05.1976– 24.05.1976 20.07.1976– 01.08.1976	T=5.2°C T=5.4°C	Резкое снижение и восстановление температуры	28.07.1976	7.8	200
Мо-1	3173–3184, 3341–3343	21.07.1976– 27.07.1976	H = 20м	Внезапный фонтан нефти	28.07.1976	7.8	240
Дин-8-1	146–293	03.03.1988– 15.11.1989	H=6.7 м	Быстрое снижение уровня с более медленным подъемом	19.10.1989	5.8	370

есть на землетрясение и его подготовку реагируют флюиды той скважины, которая находится в зоне одного с очагом землетрясения разлома. Такие факты замечены и в других регионах, и эта особенность подземных флюидов может сыграть важную роль при прогнозировании местоположения очага будущего землетрясения.

На территории Северного Кавказа отработано около 30 профилей глубинного сейсмического зондирования по ортогональной системе, в том числе несколько субширотных от Черного моря до Каспийского. Выполнены гравиметрические исследования, аэрофото- и космическая съемка различного масштаба. Все это позволяет довольно уверенно выделять глубинные разломы земной коры, по которым, как правило, происходит разрядка аномально напряженного состояния отдельных блоков земной коры, приводящая к землетрясениям, оползням и другим нежелательным событиям.

Вместе с тем на Северном Кавказе имеются многочисленные естественные и искусственные источники-поставщики опережающей информации о динамике напряженного состояния земной коры. Это родники, водоемы, колодцы, скважины различного назначения. Жидкости и газы в них очень чутко реагируют на любое изменение напряженного состояния земной коры, иногда на расстоянии до нескольких сот километров. Реагирование проявляется в изменении химического состава, концентрации отдельных компонентов, температуры, дебита и др. параметров жидкостей и газов. Некоторые из этих параметров подвержены периодическим (суточным и др.) изменениям, которые не являются следствием подготовки землетрясения. В процессе непрерывных и длительных наблюдений эти периодические колебания легко выявляются и в дальнейшем служат фоном, на котором неизбежно проявятся (по амплитуде, времени и т. д.) другие, связанные с процессом подготовки землетрясения.

Таким образом, Северный Кавказ является одним из уникальных регионов для составления и реализации программы комплексных исследований геодинамических и флюидодинамических

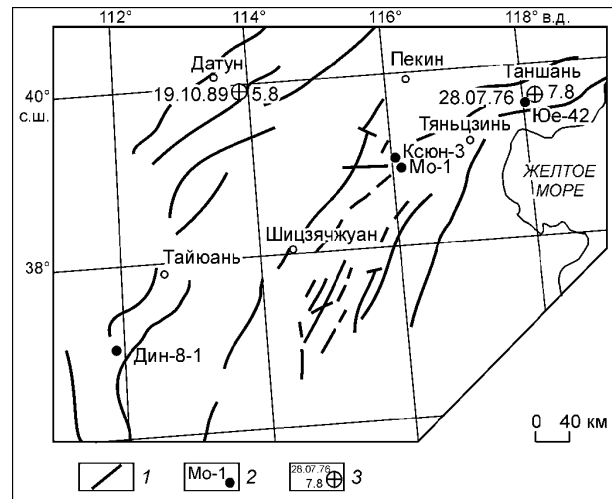


Рис. 1. Схематическая карта «чувствительной зоны» в Северо-Восточном Китае (Киссин И.Г., 2007).

Условные обозначения:

- 1 – глубинные разломы;
- 2 – наблюдательная скважина и ее номер;
- 3 – эпицентр землетрясения, его дата и магнитуда

процессов с целью выработки методики и обоснования критериев прогноза места и времени землетрясений и других природных катастроф. Главной составляющей такой программы должны стать систематические наблюдения за параметрами подземных флюидов – предвестников всех геодинамических процессов в земной коре. Такая программа могла бы быть разработана и реализована в рамках научных исследований Южного Научного Центра РАН по тематике «методы прогнозирования и предотвращения природных и техногенных катастроф».

Наблюдения за подвижками земной поверхности с помощью различных сейсмографов, которые проводятся в некоторых регионах без исследований подземных флюидов, в части выхода на прогноз землетрясений являются бесперспективными.

## Литература

1. Башорин В.Н. Гелиевая съемка как метод изучения долгоживущих разрывных нарушений // ДАН СССР, 1980. Т. 225, № 4. С. 932–935.

2. Войтов Г. И., Осика Г. Д., Гречухина Г. Д., Плотников И.А. О некоторых геолого-геохимических последствиях Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 г. // ДАН СССР, 1972. Т. 202, № 3. С. 576–579.

3. Киссин И. Г. Новые данные о «чувствительных зонах» земной коры и формирование предвестников землетрясений и постсейсмических эффектов // Геология и геофизика, 2007. Том 48, № 5. С. 548–565

4. Кусов Б.Р. К вопросу оценки перспектив нефте-

носности локальных структур Припятского прогиба. // Типы залежей нефти Припятского прогиба и их прогноз. Минск, БелНИГРИ, 1984. С. 75–87.

5. Передериев В. А., Суярко В. Г. Аномалии йода в подземных водах и горных породах как индикаторы разрывных нарушений // Проблемы региональной гидрохимии. Межведомственное совещание. Л.-Д., 1979. Тезисы докладов. – Л., 1978. С. 60–61.

6. Пруцкая Л.Д., Растос Л. В., Батурина Н. В., Бабак Э. В. Гелий и сейсмогеодинамика // Геология и минерально-сырьевая база Северного Кавказа. Материалы IX международной научно-практической конференции. Статьи и тезисы докладов. – Эссен-тук, 2000. С. 263–266.