

XVI Всероссийская Открытая конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ
КОСМОСА»

Геоиндикаторы коровых землетрясений по спутниковым данным

Одинцов Р.В., Кашкин В.Б., Рублева Т.В.,
Романов А.А.

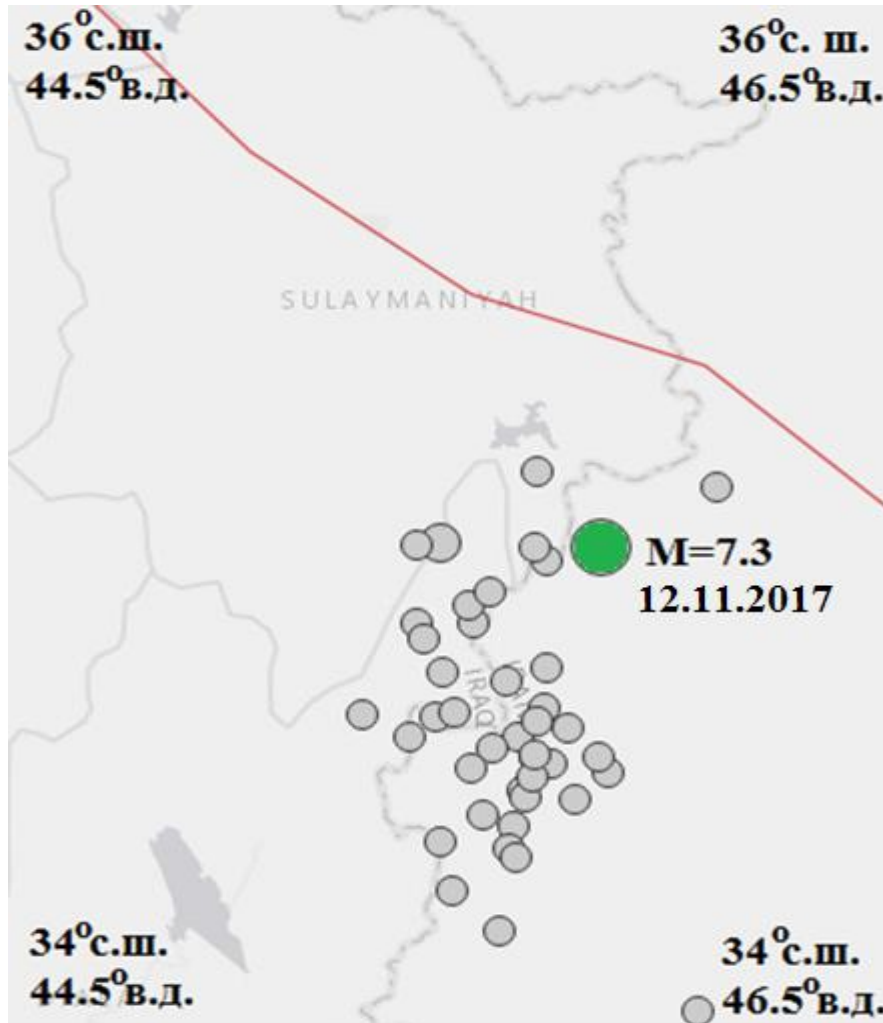
*Сибирский Федеральный университет
г. Красноярск*

Во время сейсмических событий наблюдаются различные геофизические явления в литосфере, атмосфере и магнитосфере Земли. Эти явления могут быть обнаружены с помощью космического мониторинга. В зонах тектонических разломов земной коры при землетрясениях выделяются флюиды, а на высотах 10-12 км в атмосфере регистрируются тепловые аномалии. Флюиды являются продуктами дегазации Земли и содержат водород, метан, кислород и т.д., которые оказывают влияние на состояние озонового слоя.

Нами изучались возмущения температуры атмосферы и общего содержания озона во время коровых землетрясений, произошедших в сейсмически опасных территориях Ирака и Ирана с ноября 2017 г. по февраль 2018 г., по спутниковым данным аппаратуры ATOVS (КА NOAA, USA) и OMI (КА AURA, USA).

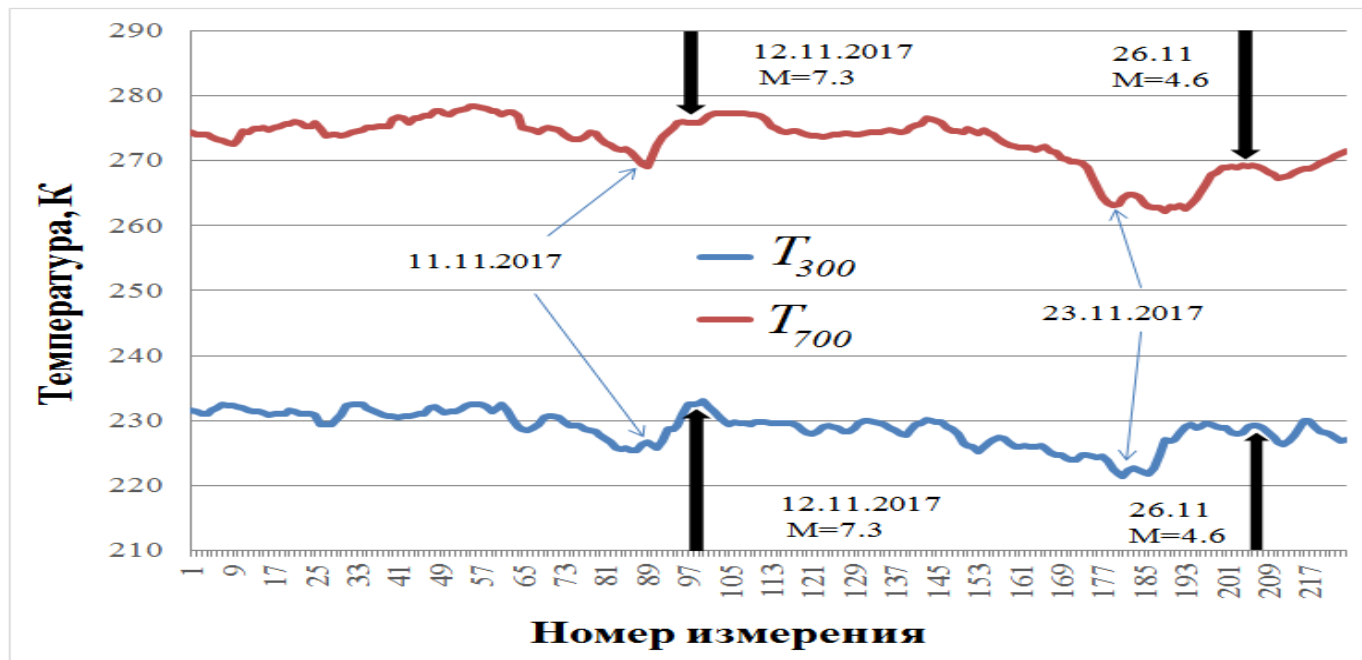
ОСО - количество озона в вертикальном столбе атмосферы, численно равное толщине слоя газообразного озона в этом столбе, выделенного при нормальных условиях (давлении 1013,25 гПа и температуре 288,15 К.). 1 ед.Д. = 10^{-5} м.

Сейсмоактивная пиковая зона Ирака в ноябре 2017 г. по данным USGS



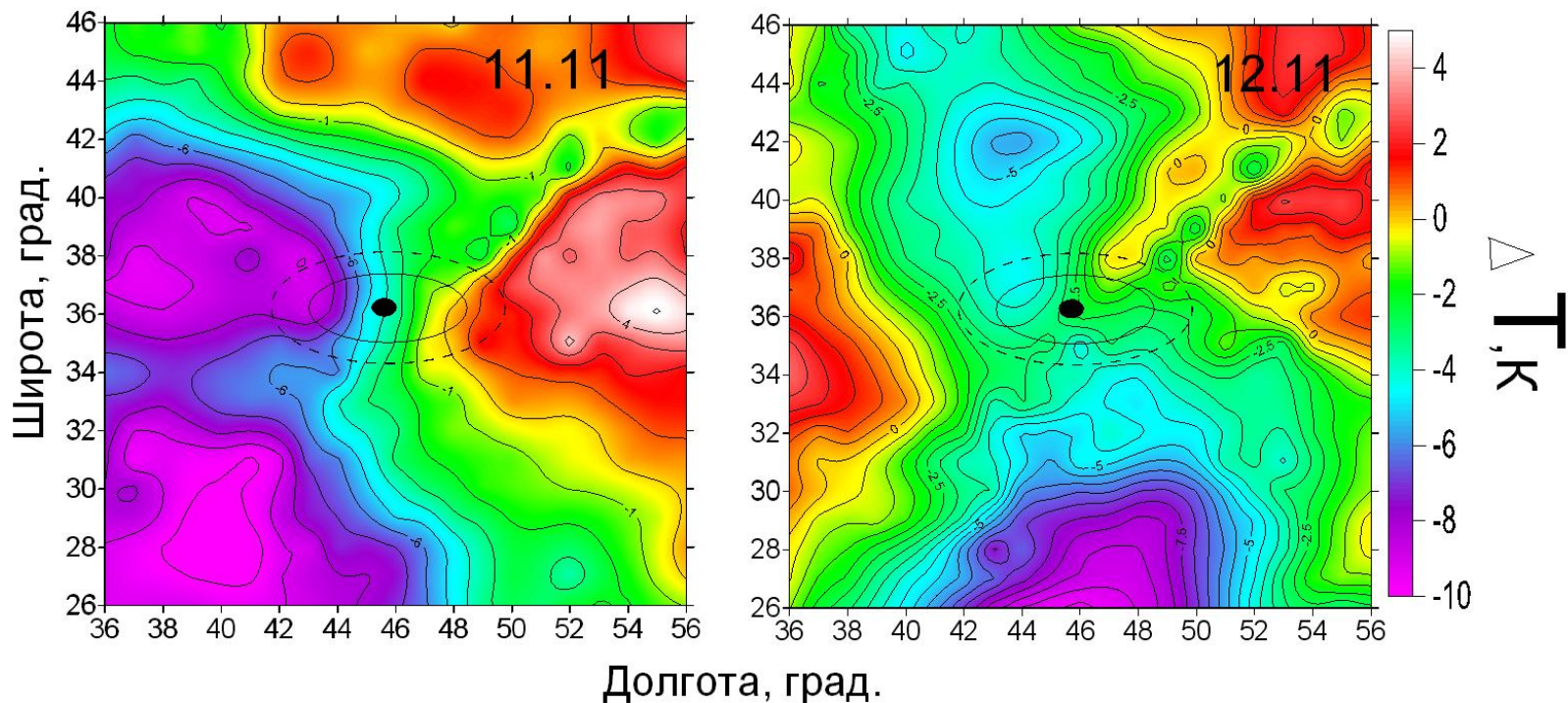
С 12 по 27 ноября в пиковой зоне Ирака (в области взаимодействия Евразийской и Аравийской тектонических плит) наблюдалось скопление 44 коровых землетрясений с магнитудами $M=4.0 - 7.3$ и глубинами гипоцентров от 7.6 до 19 км.

Температурные профили над пиковой зоной Ирака по данным ATOVS/NOAA с 1 по 28 ноября



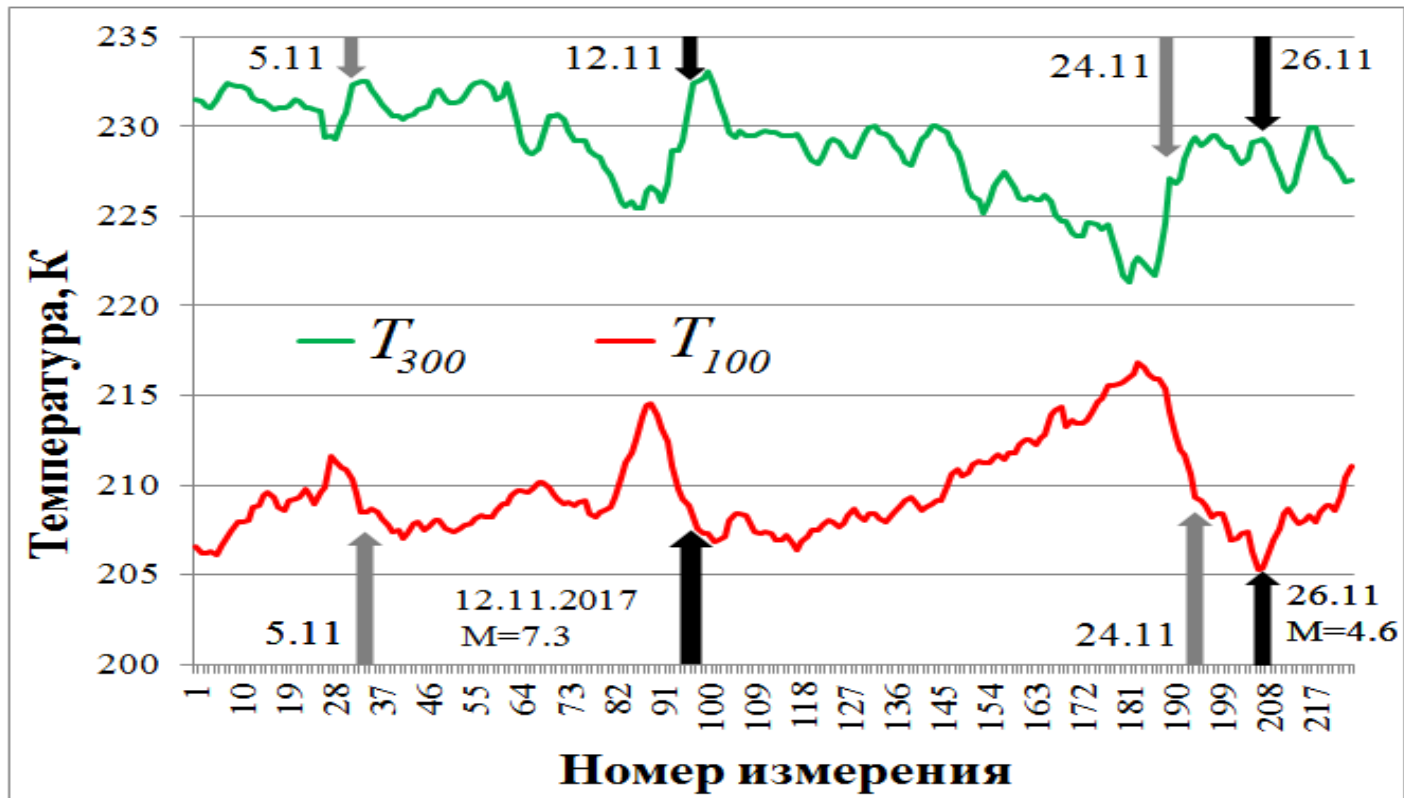
Пиковая сейсмоактивная зона Ирака, где были зарегистрированы коровые землетрясения, находится на высоте ~ 2 км. В ноябре изобарический уровень 700 гПа находился на высоте около 3 км, уровень 300 гПа - \sim на 9 км. Коэффициент корреляции между температурными рядами T_{300} и T_{700} составил $R = 0.68$, т.е. атмосферные температуры на данных высотах изменялись синхронно. За сутки до сейсмособытия 12 ноября зарегистрировано понижение T на уровнях 700 и 300 гПа. Перед сейсмособытием 26 ноября T в тропосфере снизилась за 3 дня.

Цифровые карты температурных аномалий над пиковой зоной Ирака за 11 и 12 ноября



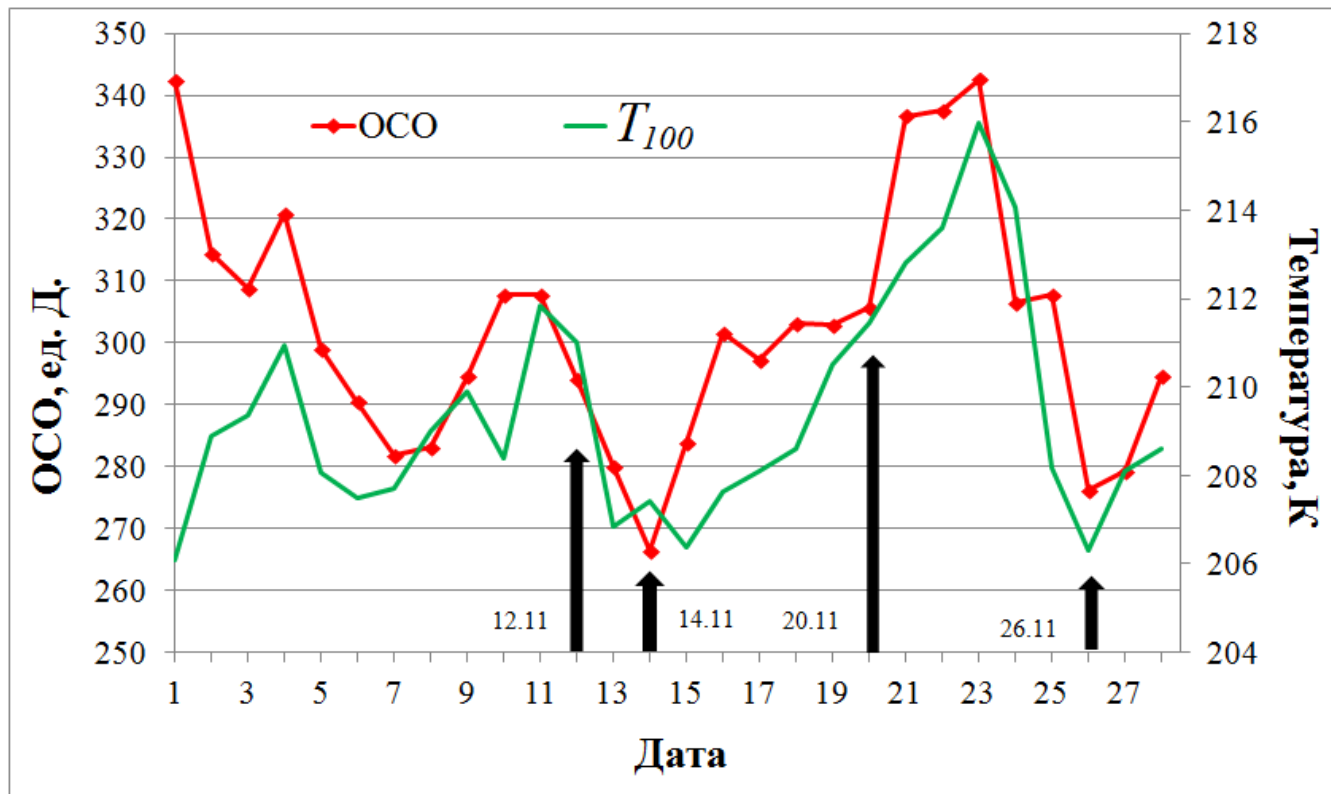
Карта за 11 ноября показывает, что изолинии температуры ориентированы в субмеридиональном направлении. Наблюдается в пиковой зоне аномалия с пониженной температурой. Эпицентр землетрясения расположен в зоне сгущений изолиний отрицательной аномалии, что свидетельствует о наличии градиента температуры. На карте за 12 ноября видно, что эпицентр находится между двумя отрицательными температурными аномалиями и в зоне сгущения изолиний.

Температурные профили над пиковой зоной Ирака на изобарических уровнях 100 и 300 гПа



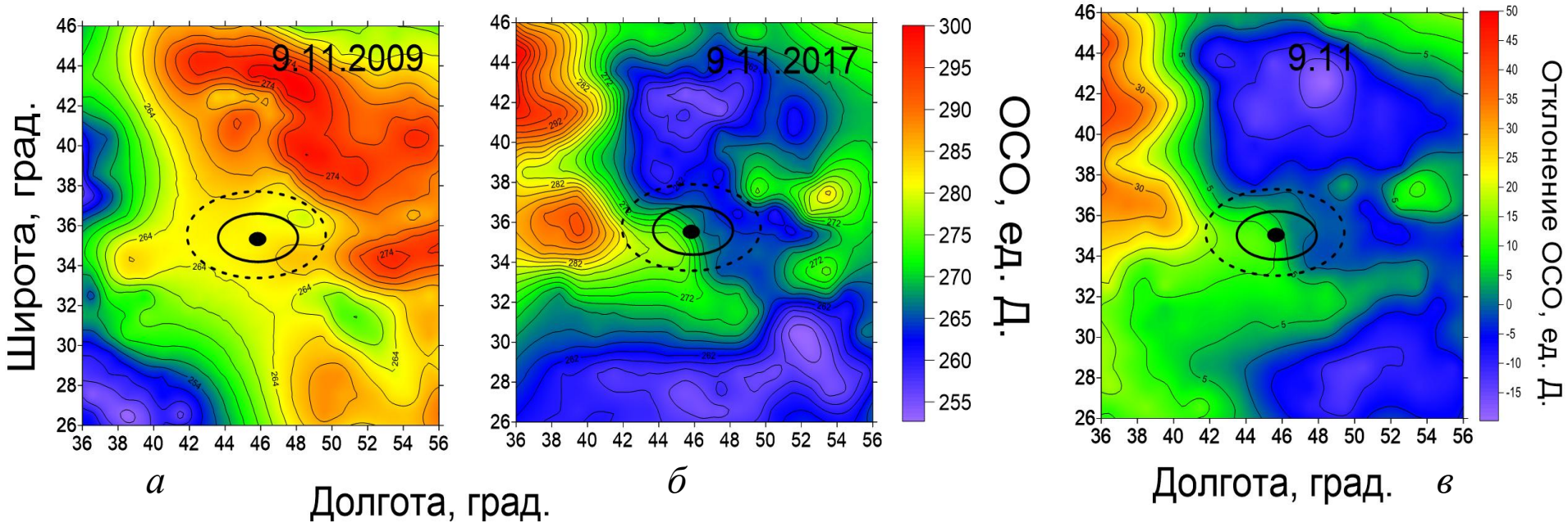
В ноябре над пиковой зоной уровень 300 гПа находился ниже тропопаузы, а 100 гПа — выше тропопаузы. Коэффициент корреляции между температурными рядами составил $R = -0,7$. Во время подготовки коровых землетрясений в верхней тропосфере температура уменьшалась, а в нижней стратосфере — повышалась.

Вариации температуры на уровне 100 гПа (T_{100}) и ОСО над пиковой зоной Ирака



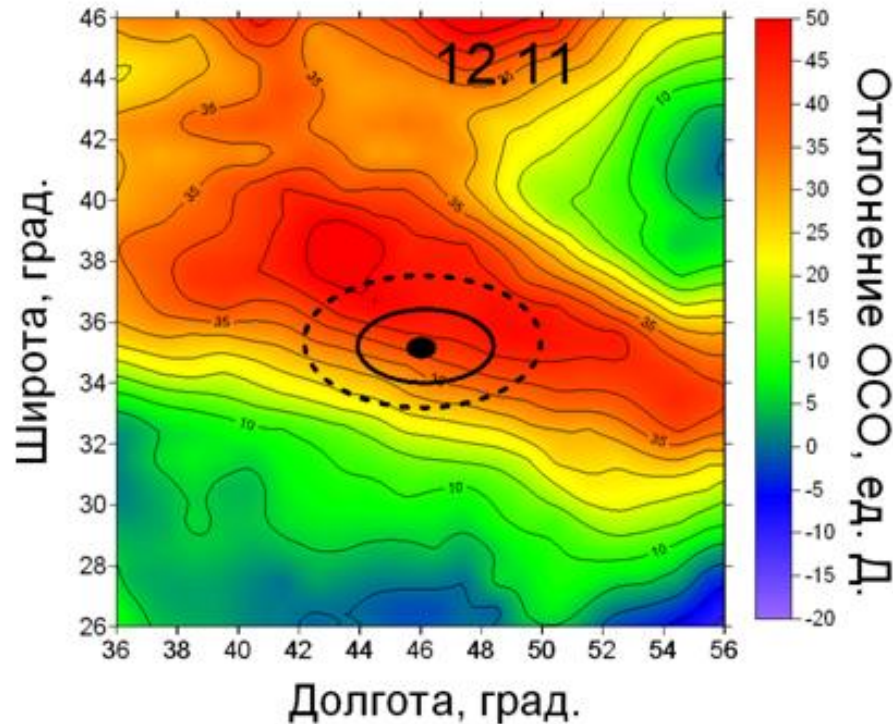
Коэффициент корреляции между рядами ОСО и T_{100} равен $R=0.8$. Во время подготовки и реализации сейсмособытий в пиковой зоне происходит синхронное изменение температуры и общего содержания озона в нижней стратосфере.

Цифровые карты поля ОСО над сейсмоактивной зоной Ирака



Карта за 9.11.2009 г. (а) показывает невозмущенное поле ОСО, карта за 9.11.2017 г. (б) – возмущенное поле ОСО. Разность двух карт (в) демонстрирует, что эпицентр находится на границе положительной и отрицательной аномалий ОСО, что совпадает с границей Аравийской и Евразийской тектонических плит.

Разностная карта поля ОСО над сейсмоактивной зоной Ирака за 12 ноября

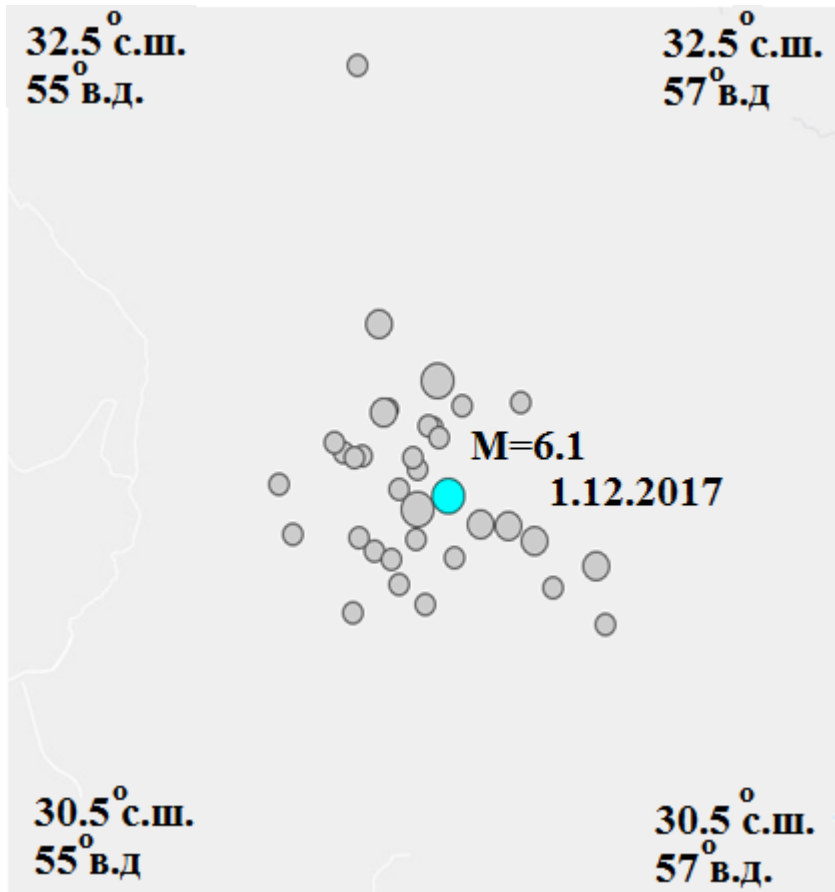


Карта получена аналогичным образом, наблюдается озоновая аномалия с повышенным ОСО, ориентированная в направлении СЗ-ЮВ. Эпицентр землетрясения расположен в зоне сгущений изолиний озона положительной озоновой аномалии, что свидетельствует о наличии градиента ОСО.

Сейсмоактивная пиковая зона Ирана

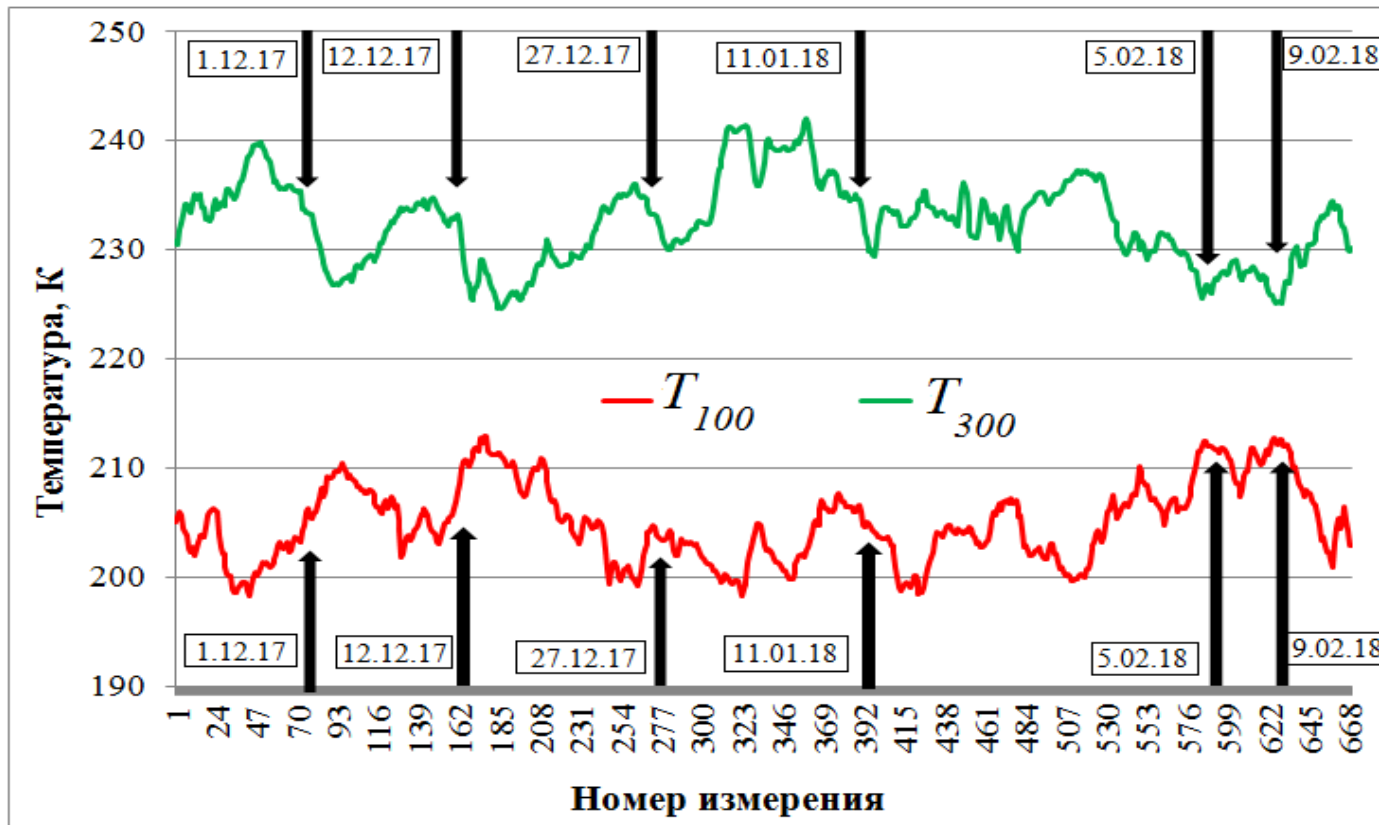
ноябрь 2017 г. – февраль 2018 г.

по данным USGS



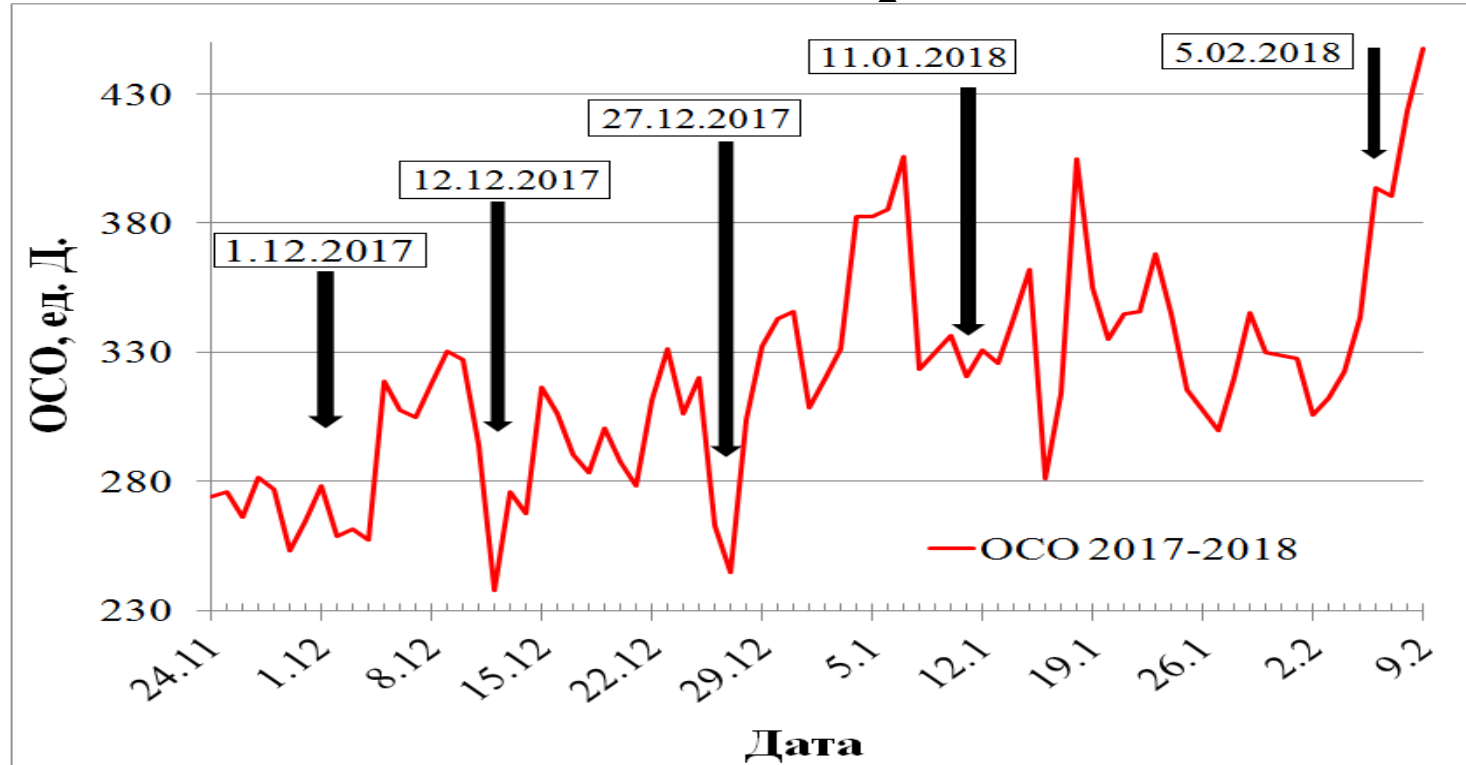
С 1.12.2017 г. по 9.02.2018 г. в пиковой зоне Иранского нагорья, части Евразийской плиты зажатой между Индостанской и Аравийской плитами - произошло 35 коровых землетрясения с магнитудами от 4.1 до 6.1, глубинами гипоцентров от 8.4 до 12 км.

Температурные профили над пиковой зоной Ирана по данным ATOVS/NOAA



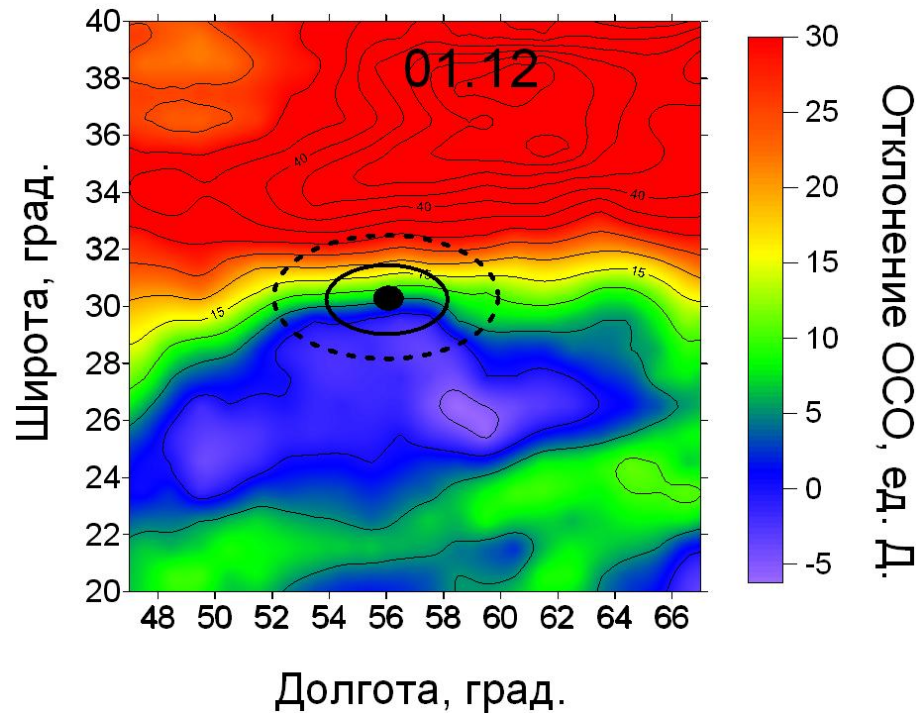
Коэффициент корреляции между температурными рядами составил $R = -0.8$. Во время подготовки коровых землетрясений в верхней тропосфере температура уменьшалась, а в нижней стратосфере - повышалась.

Вариации поля ОСО над пиковой зоной Ирана



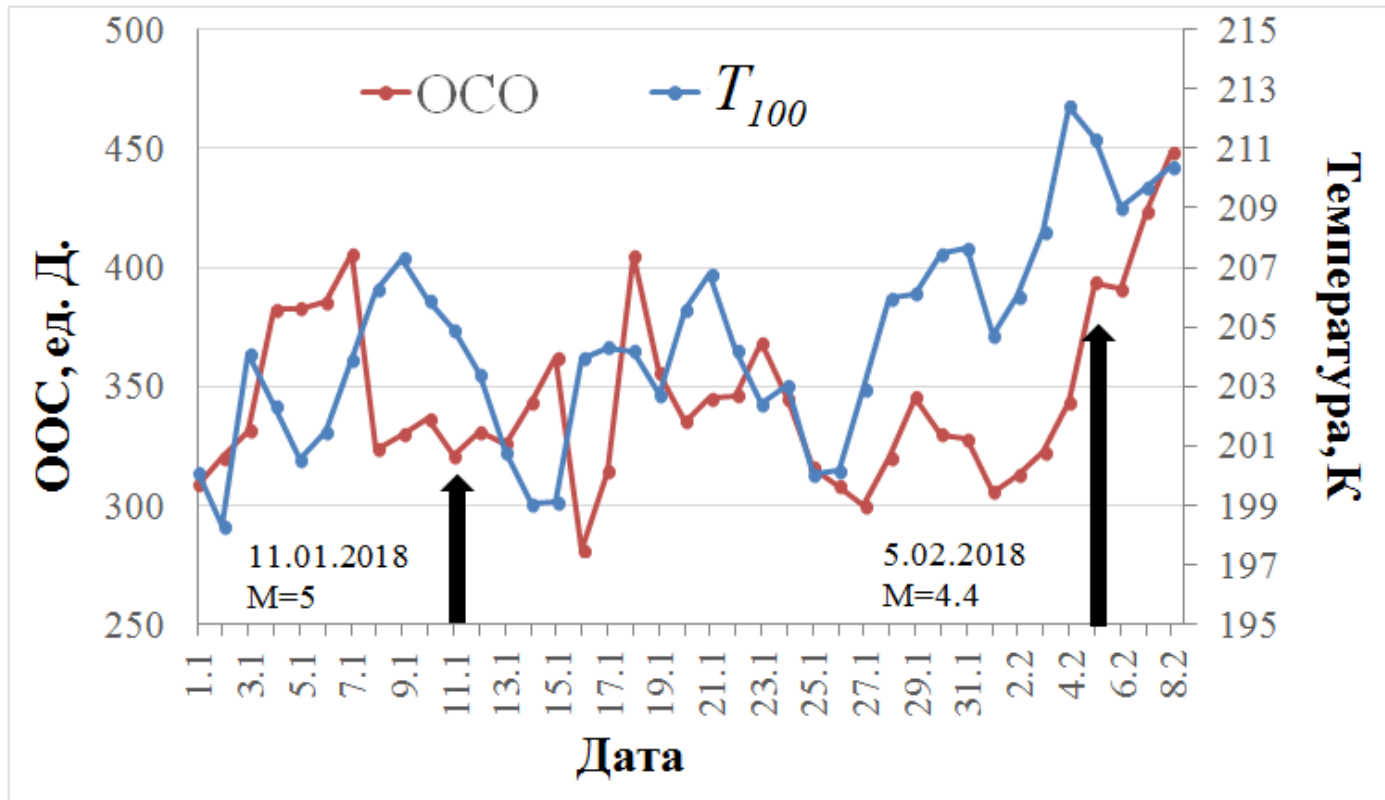
Анализ вариаций ОСО в период активных сейсмических процессов в Иране (24.11.2017-12.02.2018 гг.) показал, что во время подготовки землетрясений и в основной сейсмический момент поле ОСО над пиковой зоной нестабильное, происходит резкое изменение ОСО.

Разностная карта поля ОСО над сейсмоактивной зоной Ирана за 1 декабря



На карте за 1.12 над пиковой зоной находится граница двух аномалий с повышенным и пониженным ОСО. Эпицентр землетрясения находится в зоне сгущения изолиний озона, что свидетельствует о наличии градиента ОСО. Изолинии озона ориентированы в широтном направлении запад-восток.

Вариации температуры на уровне 100 гПа (T_{100}) и озона (ОСО) над пиковой зоной Ирана



Коэффициент корреляции между рядами ОСО и T_{100} равен $R=0.3$. Во время подготовки и реализации сейсмособытий в пиковой зоне происходит синхронное изменение температуры и общего содержания озона в нижней стратосфере.

Заключение

Во время подготовки коровых землетрясений в верхней тропосфере над пиковыми зонами Ирака и Ирана температура уменьшалась, а в нижней стратосфере - повышалась.

Получены предварительные результаты об изменчивости температуры и ОСО в нижней стратосфере над исследуемыми пиковыми зонами во время сильной сейсмичности. Выявлено, что над исследуемыми районами при сейсмических событиях наблюдаются резкие изменения общего содержания озона. Во время сейсмических процессов в пиковых зонах Ирака (ноябрь) и Ирана (январь) происходит синхронное изменение температуры и общего содержания озона. По-видимому, это связано с особенностями возмущенной геосреды сейсмоактивных зон Ирака и Ирана.

Спасибо за внимание!