

ГЕОФИЗИКА

УДК 550.343.62

О ПЕРИОДИЧНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ УРАЛО – ПОВОЛЖЬЯ

В.А. Огаджанов

АО «Атомэнергопроект»

DOI:10.24411/1997-8316-2020-11016

Аннотация: изменение геодинамических условий Кавказ-Копет-Дагской зоны альпийской складчатости, приведшее к сильным землетрясениям в регионе Каспийского моря 1895 и 2000 г., вызвало активизацию разломов в пределах зон герцинской и докембрийской складчатости Урало-Поволжья и, как следствие, сильные землетрясения с магнитудой 5.0 и более за счет образования местных очагов. Выявлен факт миграции сейсмической активизации Урало-Поволжья, определяемый последовательным возникновением землетрясений по направлению сдвиговых разломов с юго-запада на северо-восток. Выявлены периоды сейсмической активизации региона, обусловленные особенностями эндогенной динамики и внешними по отношению к Земле факторами.

Ключевые слова: землетрясение, предвестники, разломы, сейсмическая активность.

Огаджанов Виктор Александрович e-mail: ozhva@mail.ru

ON THE FREQUENCY OF OCCURRENCE OF STRONG EARTHQUAKES IN THE URALS - VOLGA REGION

V.A. Ogadzhyanov

JSC «Atomenergoproekt»

Abstract: the change in the geodynamic conditions of the Caucasus-Kopet-Dag alpine zone, which led to strong earthquakes in the Caspian Sea region of 1895 and 2000, caused the activation of faults of the Ural-Volga region and, as a consequence, strong earthquakes with magnitude 5.0 or more education here earthquake focus. The fact of migration of seismic activation of the Ural-Volga region, determined by the consistent occurrence of earthquakes in the direction of shear faults from the south-west to the north-east, is revealed. The periods of seismic activation of the region due to the peculiarities of endogenous dynamics and external ones are revealed. in relation to the Earth, by factors.

Key Words: earthquake, earthquake precursor, faults, seismic activity.

Сейсмическая активность Земли изменяется во времени, периоды ее усиления сменяются периодами относительного ослабления и по-разному проявляются в различных регионах.

Ранее был сделан вывод об усилении сейсмической активности в регионе Поволжья в период, следующий за сильными землетрясениями в бассейне Каспийского моря [6,7]. Основанием для такой аргументации послужили данные анализа макросейсмической информации при Краснодарском землетрясении 1895 г., по результатам которого было сделано заключение: «...возникновение относительно сильных землетрясений в зоне Кавказ-Копет-Дагского пояса следует оценивать в качестве предвестника возможных сильных землетрясений в Поволжье» [6, стр. 40]. Результаты анализа макросейсмических данных и инструментальных наблюдений за сейсмичностью после сильных землетрясений в регионе Каспийского моря 2000 г. полностью подтвердили это заключение.

В Урало-Поволжье сейсмическая активность во многом зависит от геодинамического режима Кавказ-Копет-Дагской зоны пояса альпийской складчатости. Наиболее сильным землетрясением, являющимся следствием усиления геодинамического режима этой зоны, является Краснодарское землетрясение 1895 г., магнитуда которого по разным оценкам определяется в диапазоне 7.9–8.2 (координаты эпицентра 39.6° N; 53.7° E). Вследствие усиления геодинамического режима Кавказ-Копет-Дагской зоны в Каспийском море 25 ноября с интервалом 1 мин. 41 с. произошли два землетрясения с магнитудами 6.3 и 6.2 (координаты эпицентра 40.01° N; 50.02° E) и Балханское землетрясение 6 декабря с магнитудой 7.4 (координаты эпицентра 39.68° N; 54.71° E).

В Поволжье интенсивность сотрясений после Краснодарского землетрясения составляла 4–6 баллов по шкале MSK-64. Усиления интенсивности сотрясений были отмечены на удалениях порядка 1500 км севернее эпицентра, в пределах Саратовско-Самарского Поволжья, где они составляли до 6 баллов по шкале MSK-64. Столь существенные усиления наряду с влиянием таких факторов, как параметры очага (магнитуда, глубина), местные грунтовые условия, незначительное затухание сейсмических волн в меридиональном направлении, могут объясняться откликом разломов Урало-Поволжья на деформации Кавказ-Копет-Дагской зоны альпийского пояса. Следствием отклика является возникновение местного очага землетрясения. Землетрясение условно названо Прикаспийским (1895 г.) [6]. Анализ макросейсмической информации дает основание полагать, что наиболее вероятное расположение очага Прикаспийского землетрясения 1895 г. — северо-западная часть Прикаспийской впадины [6] (координаты эпицентра 50.00° N; 49.9° E); магнитуда, оцененная по макросейсмическим данным, определяется в диапазоне значений 5.5–6.9. Вывод о возникновении местного очага подтверждается разницей во времени между ощутимостью землетрясения на территории Урало-Поволжья и в очаге Краснодарского землетрясения, равной 1 ч. 37 мин.

На усиление сейсмичности в пределах Урало-Поволжья после сильных землетрясений в регионе Каспийского моря 2000 г. указывают результаты анализа макросейсмических данных. На территории Саратовско-Самарского Поволжья, на расстоянии около 1400 км от эпицентра Каспийских землетрясений 25 ноября 2000 г.,

сотрясения ощущались примерно через 15 минут после вступления поперечной волны на сейсмические станции локальной сети, развернутые в северной части Саратовской области (рис. 1). Интенсивность сотрясений по шкале MSK-64 составила: в Саратове — 4 балла с усилением на некоторых участках до 5 баллов, в Балаково — 3–4, в Самаре — 4 балла. Разница во времени между вступлением поперечной волны и ощутимостью на территории Саратовско-Самарского участка Каспийских землетрясений 25 ноября свидетельствует в пользу возникновения местного очага землетрясения, положение которого предполагается в правобережной северной части Саратовского Поволжья [2, 7].

Сотрясения на территории Поволжского региона при Балханском землетрясении 6 декабря 2000 г. ощущались на расстоянии в среднем 1500 км от эпицентра. Интенсивность по шкале MSK-64 составляла: в Саратове и Тольятти — 5 баллов с усилением на отдельных участках до 6 баллов, в Балаково — 5, в Астрахани и Самаре — 4–5, в Оренбурге — 4, в Пензе 3–4, в Волгограде — 3 балла [2,5]. Время макросейсмиче-

ских проявлений в районе расположения локальной сети сейсмических станций совпадает со временем вступления поперечной волны.

После Балханского землетрясения на территории северной части Саратовской области 9 декабря 2000 г. сейсмическими станциями локальной сети, которая функционировала с конца 1999 г., было зарегистрировано два местных землетрясения с магнитудами 2.5 и 2.3, в то время как в течение предшествующего периода 2000 г. не было зарегистрировано ни одного землетрясения.

Образование местных очагов землетрясений может быть следствием реакции разломов, обусловленной деформацией литосферы Урало-Поволжья на изменения геодинамических условий в Каспийском секторе Кавказ-Копет-Дагской зоны пояса альпийской складчатости. Именно реакцией разломов Поволжья на деформации сжатия в этом регионе можно объяснить появление сейсмических толчков в Саратове и Оренбурге раньше основного толчка Балханского землетрясения 2000 г. В Саратове они ощущались за 40 минут до основного толчка, причем эти сотрясения отмечались в районе пересечения разломов западной части Саратова [2].

В работах [7,10] было указано, что следствием деформаций литосферы, приведших к возникновению Красноводского (1895 г.) и Балханского (2000 г.) землетрясений, является в том числе изменение уровня Каспийского моря. Указанные землетрясения возникли после завершения стадии относительного подъема уровня Каспийского моря и на начальной стадии его опускания (рис. 2). Анализ данных об изменении уровня Каспийского моря за исторический и современный периоды [1,7,11] показывает, что длительность периода его подъема и опу-

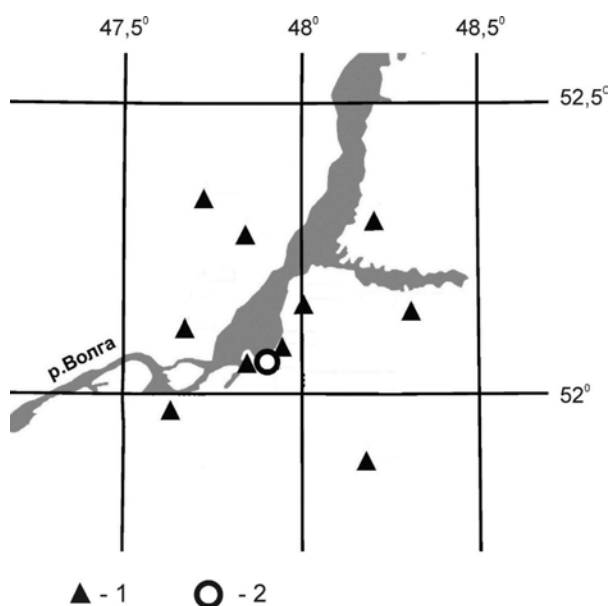


Рис. 1. Схема локальной сети сейсмических станций в 2000 г.

1 — сейсмические станции, 2 — г. Балаково



Рис. 2. Связь изменений уровня Каспийского моря с сильными землетрясениями 1895 и 2000 гг. Землетрясения на шкале времени показаны стрелками: Красноводское (1895 г.), Балханское (06.12.2000 г.)

скаания составляет примерно 100–120 лет. Если рассматривать изменения геодинамических условий региона Каспийского моря, колебания его уровня и возникновения сильных землетрясений в качестве взаимосвязанных явлений, то в первом приближении можно предположить, что землетрясения, подобные Красноводскому (1895 г.) и Балханскому (2000 г.), также могут возникать с аналогичной периодичностью.

Фаза активного воздействия Кавказ-Копет-Дагской зоны пояса альпийской складчатости на герцинские и докембрийские структуры Урало-Поволжья отразилась в подъеме на территории Поволжья уровня подземных вод как следствие деформаций литосферы, которые привели и к очередной длительной фазе подъема уровня Каспийского моря, начавшегося после 1980 г. [7,11]. Интересен тот факт, что усиление геодинамики Кавказ-Копет-Дагской зоны, приведшее к возникновению Спитакского

землетрясения 7 декабря 1988 г., также отразилось в Среднем и Нижнем Поволжье изменением уровня подземных вод [8].

Давления Кавказ-Копет-Дагской зоны, которые привели к сильным Каспийским и Балханскому землетрясениям 2000 г., передавались далее на север-северо-восток, а деформации как следствие этого давления, видимо, достигли своих максимальных значений сначала в северо-западной части Арало-Каспийского фронта сжатия (Кряж Карпинского), являющегося пограничной структурой между Скифской герцинской плитой и докембрийской Восточно-Европейской платформой. Вблизи этого фронта сжатия 22 мая 2001 г. произошло Сальское землетрясение; координаты эпицентра 46.38° N; 42.18° E (рис. 3), значения магнитуд этого землетрясения по разным определениям колеблются в диапазоне от 3.6 до 5.1 [2], интенсивность в эпицентре составила 6–7 баллов по шкале MSK-64.

Первое проявление сейсмической активности вблизи границы Скифской плиты и Восточно-Европейской платформы было отмечено примерно за 100 лет до указанного землетрясения [2].

В последующее время после Сальского землетрясения (2001 г.) деформации литосферы, передаваясь далее на северо-восток, во внутреннюю часть Восточно-Европейской платформы, привели к активизации сдвиговых дислокаций в Поволжском регионе с возникновением 26 апреля 2008 года сильного Шалкарского землетрясения (координаты эпицентра 50.57°N; 50.79°E) с магнитудой, по разным оценкам равной 4.7–5.3, и затем более слабых землетрясений с магнитудами до 4.2. Интенсивность в эпицентре землетрясения составила 6–7 баллов по шкале MSK-64 [9,10]. Шалкарское землетрясение связано с активизацией Шалкар-Аксайского трансформного разлома, представляющего собой левосторонний сдвиг северо-

восточного направления. Следует отметить, что Прикаспийское землетрясение 1895 г. (см. выше) также приурочено к системе разломов северо-восточного простирания, в своем юго-западном сегменте составляющих, очевидно, единую тектоническую зону с Шалкар-Аксайским разломом (рис. 3).

Геодинамические процессы на территории Поволжья, активизировавшиеся после Каспийских и Балханского землетрясений (2000 г.) и приведшие к возникновению сильных — Сальского (2001 г.) и Шалкарского (2008 г.) — землетрясений, видимо продолжались и позже.

4 сентября 2018 года в пределах складчатого сооружения Урала произошло землетрясение с магнитудой 5.4 (координаты эпицентра 54.58°N; 57.78°E), а затем более слабые землетрясения с магнитудами до 4.7. Интенсивность в эпицентре землетрясения составила 6–7 баллов по шкале MSK-64. Эти события, как представляется, явились следствием продолжающихся деформаций

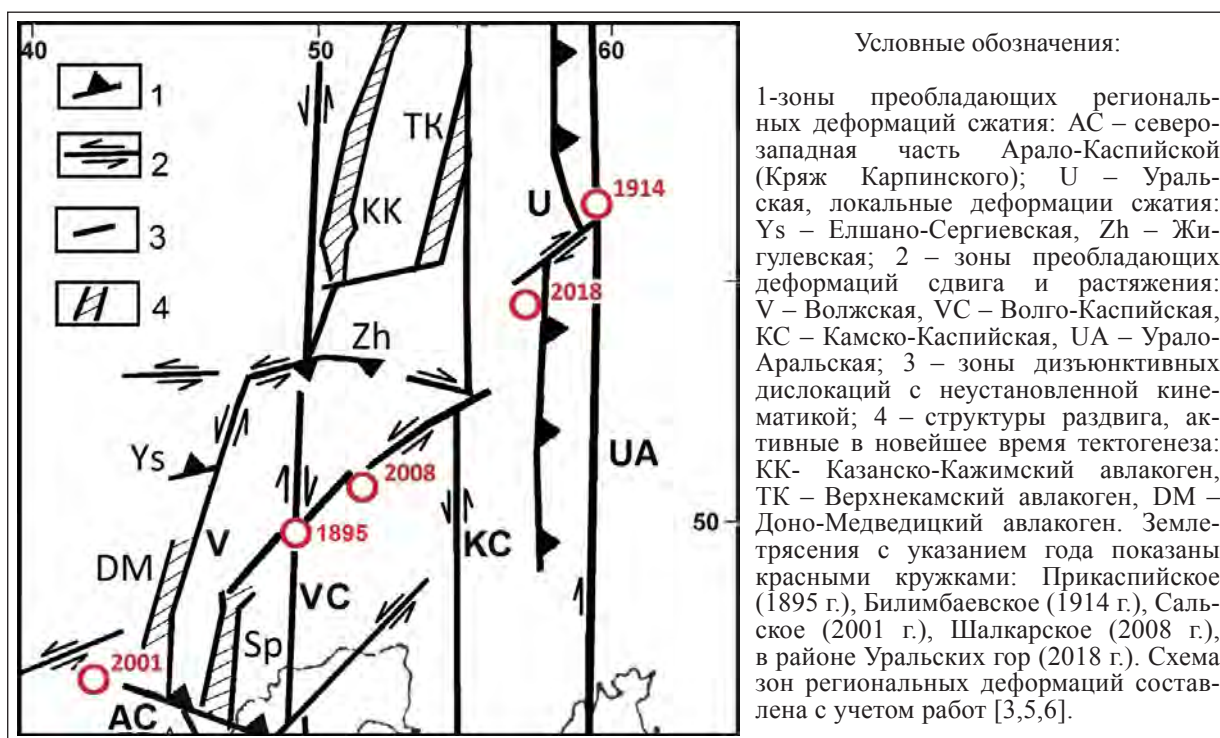


Рис. 3. Землетрясения с магнитудой 5.0 и более, произошедшие на территории Урало-Поволжья после сильных Краснодарского (1895 г.) и Балканского (2000 г.) землетрясений

литосферы вдоль системы сдвиговых дислокаций на территории Урало-Поволжья.

Очаг землетрясения 04.09.2018 г. приурочен к системе трансформных разломов Уральской складчатости северо-восточного направления, по разные стороны от которых отмечено горизонтальное смещение различных геологических формаций, геоморфологических и тектонических элементов меридионального простирания. Данное обстоятельство подтверждает мнение о связи сейсмичности Урало-Поволжья со сдвиговыми дислокациями.

Представляет интерес тот факт, что сильное землетрясение на Урале 04.09.2018 г. произошло спустя 18 лет после упомянутых выше Каспийских и Балханского землетрясений. Практически через такой же промежуток времени после Красноводского землетрясения 1895 г. произошло и Билимбаевское землетрясение 17.08.1914 года на Урале с магнитудой 5.0 (координаты эпицентра 57.00°N; 59.80°E) [2]. Очаг Билимбаевского землетрясения 1914 г. приурочен к той же тектонической зоне, что и Уральское землетрясение 04.09.2018 г. (рис. 3).

Землетрясения в Каспийском регионе 2000 г. с магнитудами более 6.0, по-видимому, явились завершающим этапом цикла миграции сейсмогеодинамической активизации по направлению с юго-запада на северо-восток, которая ранее была отмечена для Кавказ-Анатолийского мегаблока [11,12]. После упомянутых сильных землетрясений 2000 г. миграция сейсмогеодинамической активизации продолжилась далее в северо-восточном направлении на территории юго-востока докембрийской Восточно-Европейской платформы и герцинской Уральской геосинклинали. Миграция происходит вдоль системы сдвиговых дислокаций Урало-Поволжья, начиная от

границы Скифской плиты с Восточно-Европейской платформой до складчатого сооружения Урала, и сопровождается возникновением землетрясений с магнитудой 5.0 и более, а также последующей серией более слабых землетрясений.

Таким образом, на основании анализа условий проявления сейсмичности региона можно сделать вывод о возникновении сильных землетрясений в бассейне Каспийского моря, подобных Красноводскому (1895 г.) и Балханскому (2000 г.), и последующей сейсмогеодинамической активизации Урало-Поволжья с периодичностью примерно 100–105 лет.

Процессы эндогенной динамики, приводящие к возникновению землетрясений, происходят на фоне внешних по отношению к Земле факторов, таких как солнечная активность, приливные деформации, атмосферные явления и др. Из этих факторов периодичность установлена для солнечной активности и приливных деформаций, последние обусловлены движением Земли вокруг Солнца и движением Луны вокруг Земли.

Следует обратить внимание на выявленную связь сейсмической активности Урало-Поволжья с длиннопериодными циклами солнечной активности [4]. В периодичности примерно 90–100 лет был установлен факт приуроченности периодов максимума сейсмической активности к минимумам солнечной активности. На наш взгляд, заслуживают внимание и факты приуроченности известных землетрясений с магнитудой 5.0 и более к минимумам солнечной активности более коротких (11–13 лет) периодов. Так, Билимбаевское (17.08.1914 г.), Шалкарское (26.04.2008 г.) и Уральское (04.09.2018 г.) землетрясения возникли в фазу понижения солнечной активности, а Сальское землетрясение (2001 г.) приурочено к относитель-

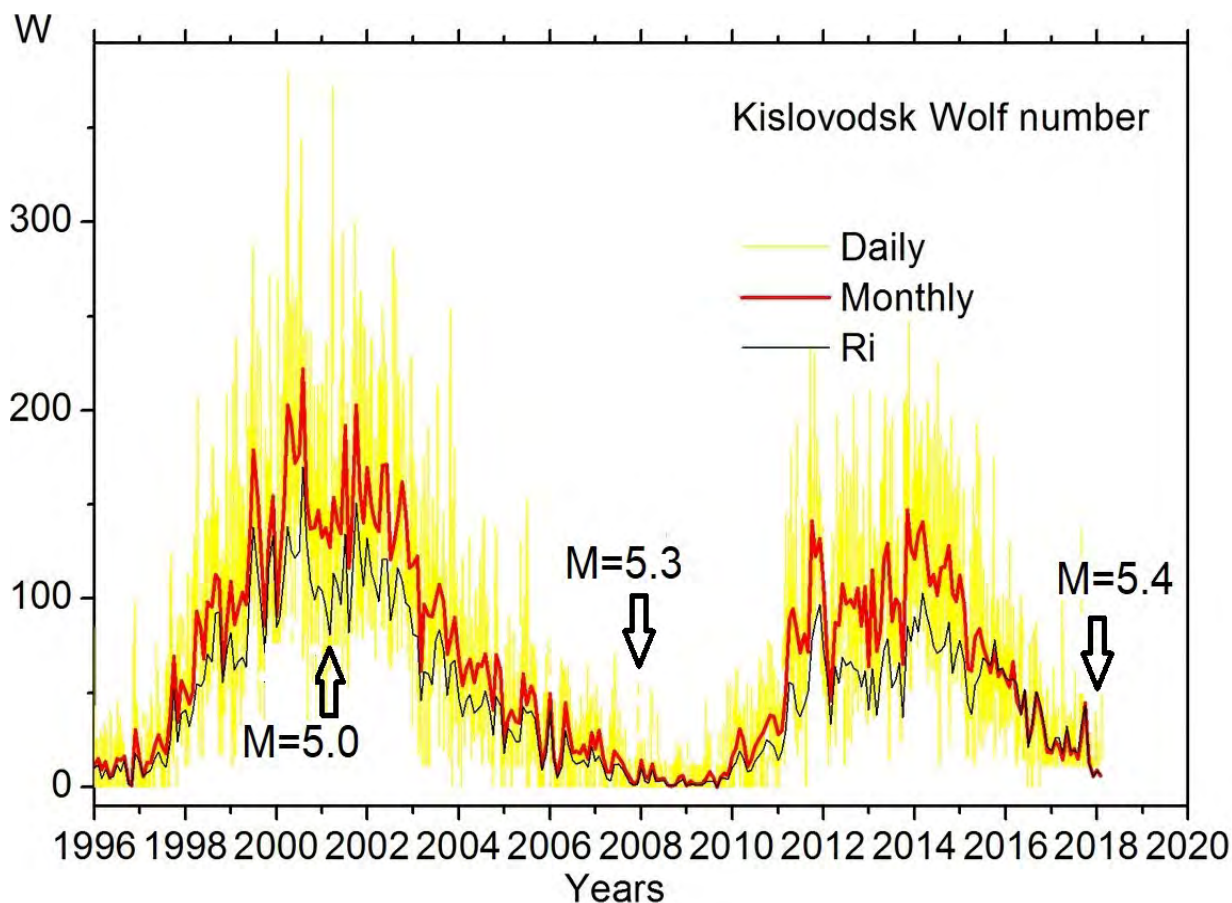


Рис. 4. Связь между солнечной активностью и сильными землетрясениями Урало-Поволжья. Солнечная активность в числах Вольфа по данным Кисловодской Горной астрономической станции. Землетрясения на шкале времени показаны стрелками: Сальское – 22.05.2001 (M=5.0) г., Шалкарское – 26.04.2008 г. (M=5.3) и Уральское – 04.09.2018 г. (M=5.4).

ному минимуму фазы повышения (рис. 4). В фазе низкого уровня солнечной активности длинного периода (90–100 лет) произошли Прикаспийские землетрясения 1895 года.

Приливные деформации на территории Урало-Поволжья, обусловленные гравитационным воздействием на земную кору внешних по отношению к Земле масс, оказывают на нее свое максимальное воздействие в зимний период, когда Земля находится в перигелии по отношению к Солнцу. Именно в зимний период по наблюдениям локальной сетью сейсмических станций (рис. 1) в течение 2000–2007 гг. была отмечена повышенная сейсмическая активность по землетрясениям с магнитудами от 2.2 до

3.3 [2]. Дополнительным условием периодического усиления приливной деформации является гравитирующее влияние Луны, которое в сочетании с гравитирующим влиянием Солнца во время перигелия обуславливает наибольшие значения приливных деформаций. Приливные деформации особенно контрастно выражены в зонах сейсмогенерирующих разломов, чем и объясняется повышенная сейсмичность.

Из сказанного следует, что усиление геодинамического режима Кавказ-Копет-Дагской зоны пояса альпийской складчатости, изменение уровня подземных вод, понижение солнечной активности, усиление приливных деформаций следует рассматри-

вать в качестве предвестников сильных землетрясений на территории Урало-Поволжья. Вероятность возникновения таких землетрясений повышается при сочетании нескольких предвестников.

Резюмируя изложенное выше, можно сделать вывод о периодичности усиления сейсмичности на территории Урало-Поволжья

под воздействием процессов, происходящих как внутри Земли, так и внешних по отношению к ней факторов. Взаимосвязь этих процессов с природной сейсмичностью позволяет выделить критерии, определяющие вероятность возникновения сильных землетрясений, и в перспективе выйти на прогноз сейсмической опасности в регионе.

Л и т е р а т у р а

1. Берг Л.С. Уровень Каспийского моря за историческое время. В кн.: Проблемы физической географии Л.: Изд. АН СССР, 1934.– Т. 1. –С 11–64.
2. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно–Европейской платформы.– Петрозаводск: изд–во Кар. НЦ, 2007.– Т1. –381 с.
3. Леонов Ю.Г., Гущенко О.И., Копп М.Л., Расцветаев Л.М. Взаимосвязь позднекайнозойских напряжений и деформаций в Кавказском секторе Альпийского пояса и в его северном платформенном обрамлении //Геотектоника.– №1.– 2001.– С.36–59.
4. Огаджанов В.А. Солнечная активность и длиннопериодные циклы сейсмичности в пределах Восточно–Европейской платформы//Недра Поволжья и Прикаспия.– 1998. – Вып. 16.– С. 22–28
5. Огаджанов В.А. Сравнительный анализ региональной тектоники районов расположения площадок Балаковской АЭС и АЭС в Иордании. Сборник трудов АО «Атомэнергопроект». – М.: АО «Атомэнергопроект», 2015.– Вып. 15.– С. 158–165.
6. Огаджанов В.А. Концептуальные основы возникновения сильных землетрясений в пределах Восточно–Европейской платформы// Недра Поволжья и Прикаспия.– 1996.– Вып. 13. – С. 39–42.
7. Огаджанов В.А. О проявлениях сейсмичности в Поволжье после сильных землетрясений в бассейне Каспийского моря// Физика Земли. –2002.– №4. – С. 48–54
8. Огаджанов В.А., Васильев А.Н. Аспекты использования земельных ресурсов в условиях катастрофических изменений природной среды// Вестник Саратовского государственного аграрного университета.– 2007. –Вып.2.– С. 10–13.
9. Огаджанов В.А., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Шалкарское землетрясение 26 апреля 2008 года. Сб.: Связь поверхностных структур земной коры с глубинными// Материалы XIV международной конференции (Петрозаводск: Карельский научный центр РАН).– Петрозаводск, 2008. –Т. 1. – С. 86–90.
10. Огаджанов В.А. К вопросу об активных тектонических структурах района расположения Балаковской АЭС. Сб. трудов ОАО «Атомэнергопроект».– М.: ОАО «Атомэнергопроект». –2014.– Вып. 14.
11. Уломов В.И., Полякова Т.П., Медведева Н.С. Динамика сейсмичности бассейна Каспийского моря// Физика Земли, 1999.– №12.– С. 76–81.
12. Уломов В.И., Данилова Т.И., Медведева Н.С. и др. К оценке сейсмической опасности на Северном Кавказе// Физика Земли.– 2007. – №7. – С. 31–45.