

В.Н. Боков, В.Н. Воробьев

МОНИТОРИНГ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРЕДВЕСТНИКОВ И ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

V.N. Bokov, V.N. Vorobiev

THE MONITORING OF GEOPHYSICAL PRECURSORS AND EARTHQUAKE PREDICTION

Исследования РГММУ последних лет показывают, что геофизические измерения, используемые в качестве предвестника землетрясений, могут выполнить предназначенную им прогностическую роль только в случае совместного применения атмосферно-циркуляционных предвестников.

Ключевые слова: геофизические предвестники, краткосрочный прогноз землетрясений, изменения атмосферной циркуляции, атмосферно-циркуляционный предвестник.

Researches made in RSHU in recent years show that geophysical measurements used as a precursor of earthquakes, can perform its intended prognostic role only in the case of joint application of atmospheric-circulation precursors.

Key words: geophysical precursors, short-term prediction of earthquakes, changes in atmospheric circulation, atmospheric-circulation precursor.

Краткосрочные прогнозы землетрясений являются самой острой проблемой в геофизике. Попытки составления краткосрочных прогнозов землетрясений основаны на использовании геофизических предвестников.

Во многих публикациях [16–18, 26, 27, 30] подчеркиваются промахи в краткосрочных прогнозах землетрясений на основе мониторинга геофизических предвестников. В ряде публикаций вовсе отрицается возможность прогнозов на основе геофизических предвестников, поскольку землетрясения часто возникают при отсутствии предвестников или наоборот, появление предвестников не приводит к возникновению землетрясений [16, 27]. При этом следует отметить, что сейсмологи и не могут прогнозировать сейсмические события, поскольку каждая организация, причисляющая себя к прогностическим учреждениям, основывается на мониторинге геофизических предвестников в нескольких (1, 14, 17–22) близко расположенных пунктах измерений. Хотя достаточно давно известно [26, 27], что сильные землетрясения формируются на обширном пространстве и их предвестники также возникают на достаточно большом расстоянии от эпицентра.

Подчеркнем, что измерения геофизических краткосрочных предвестников часто показывают их резкие изменения в течение нескольких часов или 1–2 суток до землетрясения [17–18, 26, 27]. Эти измерения проводятся на поверхности земной коры, но считается, что причина таких резких изменений связана с тектоническими и эндогенными процессами в литосфере. Однако известно, по данным измерений, что скорости тектонических движений очень малы, и они не могут обеспечить резкие подвижки участков поверхности земной коры. Часть известных геологов считает, что «...очаг (землетрясения) формируется на за счет действия тектонических процессов, а в результате физико-химических процессов...» [16].

С чем же тогда связаны резкие изменения геофизических краткосрочных предвестников? В публикациях геологов и сейсмологов обоснованного ответа на этот вопрос нам найти не удалось. В качестве одной из основных причин влияющей на резкие (быстрые) изменения интенсивности геофизических предвестников, возможно, предположить изменчивость атмосферного давления [2–8, 28]. Еще на заре сейсмологических измерений Голицин В.В. и Гутенберг В. [11, 15] предполагали деятельное участие атмосферных процессов в возникновении землетрясений. Большое внимание влиянию атмосферных процессов на сейсмичность уделял и Садовский М.А., поддерживая исследования Сытинского А.Д. в этом направлении [28]. Изучение этого вопроса продолжается и по сей день [2–8, 29].

Рассмотрим синхронные изменения атмосферной циркуляции и геофизических предвестников, которые используются для прогноза землетрясений. К таким предвестникам относят геоакустические шумы, эмиссию радона, изменение уровня подземных вод, деформацию и наклоны земной коры. Подчеркнем, что будет рассматриваться изменчивость атмосферного давления не в одном или двух пунктах измерений, а изменения атмосферной циркуляции на обширном пространстве в несколько сотен и более тысячи километров.

Особенно много надежд возлагалось на мониторинг сейсмоакустических шумов [10, 12, 13, 21, 22, 27] для Камчатки. По существующим физическим представлениям именно рост интенсивности шума сопровождает увеличение деформации земной коры и предшествует возникновению землетрясения. Однако причины вызывающие изменения напряженно деформационного состояния земной коры и фиксируемые измерениями сейсмоакустических шумов исследованы недостаточно. Не выявлено и модулирующее воздействие приливных деформаций на геоакустические процессы.

Высокочастотные акустические сигналы генерируются в непосредственной близости (1–3 км) от приемника [21, 22]. Однако как приемник чувствует землетрясение, произошедшее на расстоянии около 100 км и на глубине 30 км, для сейсмологов является загадкой. Не смогли авторы [21, 22] объяснить и физические причины появления всплесков акустических сигналов за сутки до сейсмического события и их исчезновения перед землетрясением. В работах [4, 8] дано объяснение «геологической» загадки. Дело в том, что приемник акустических сигналов отражает не только шумы от землетрясений, но и от напряжений вызванных изменчивостью атмосферного давления, которое простирается на сотни километров. Этот факт четко показывает графики, на которых четко видно появление всплесков акустические сигналы при прохождении области повышенного атмосферного давления (повышенная нагрузка на земную поверхность) [8].

Исчезновение геоакустических шумов связано с прохождением области пониженного атмосферного давления (уменьшение нагрузки на земную поверхность). Подобные результаты получены на представительном материале. Из которых следует, что анализ только данных сейсмоакустических шумов не позволяет сделать вывод о приближающемся землетрясении. Для составления достоверного краткосрочного прогноза землетрясений необходим совместный анализ пространственно-временной изменчивости атмосферной циркуляции и сейсмоакустических шумов [8].

На Камчатке и Кавказе широко используют сеть скважин для мониторинга гидрогеодеформационного поля территории [19, 20, 25, 30]. Данные мониторинга по изменению уровня жидкости в стволах скважин пытаются использовать для гидрогеодинамического прогноза землетрясений. Однако единого мнения о возможности успешного осуществления прогноза, нет [30]. Связано это с тем, гидрогеодинамический метод прогноза является локальным с радиусом действия десятки километров и при небольших глубинах очагов землетрясений. Об этом свидетельствуют многочисленные опубликованные данные по поведению уровня столба жидкости в скважинах до, во время и после землетрясения [19, 20, 30]. Изменения уровня жидкости в стволах скважин также связаны и с изменением атмосферного давления [4, 9]. Исследования, выполненные по анализу Кроноцкого и других камчатских землетрясений, подтвердили, что изменения уровня жидкости в стволах перед землетрясениями обусловлены изменением атмосферного давления [4].

Поэтому для составления достоверного краткосрочного прогноза землетрясений необходим совместный анализ пространственно-временной изменчивости атмосферной циркуляции и изменения уровня воды в скважинах [4].

Поля атмосферного давления обладают макромасштабным деформационным воздействием, которое может быстро изменяться во времени и на пространстве. Такое воздействие наиболее ярко проявляется для двух сопряженных атмосферных объектов — антициклона и циклона [2,5].

В таких процессах необходимо учитывать силу тяжести.

Начальное состояние с учетом поля силы тяжести определяется следующим образом. По упругим соотношениям для одноосно деформированного состояния находится девиатор напряжения τ и давление P :

$$\tau = \sigma_{\text{лит}} + P_a - P,$$

$$P = \frac{(\sigma_{\text{лит}} + P_a)K}{\frac{4}{3G} + K},$$

где $\delta_{\text{лит}}$ — литостатическое давление; K — модуль объемного сжатия; G — модуль сдвига; P_a — атмосферное давление.

$$\delta_{\text{лит}}(z) = \int \rho(z)gz,$$

где $\rho(z)$ — распределение плотности грунта; g — ускорение свободного падения.

Деформационное воздействие избыточной атмосферной массы (антициклона) прогибает земную кору $\Delta P = -mg$, где g — ускорение силы тяжести; m — аномалия массы в единичном сечении столба атмосферы, создавая дополнительное литостатическое давление в земной коре. Поскольку действие избыточной воздушной массы превышает действие притяжения, то земная поверхность прогибается, создавая деформационные напряжения. При этом в циклонических полях наоборот, нагрузка на земную кору уменьшается и в результате земная поверхность приподнимается [5]. Поля повышенного или пониженного атмосферного давления охватывают площади от сотен тысяч до миллионов км², создавая значительные наклоны и деформации на поверхности земной коры [2, 5, 14, 23, 24, 28, 29].

Наклоны земной поверхности, приводящие к деформации участков земной коры, широко используются для попыток прогнозирования землетрясений. В ряде работ [5, 14, 23, 24] приводятся временные ряды изменения наклона земной поверхности синхронно с графиками вариации атмосферного давления. В приведенных работах отчетливо показано влияние атмосферного давления на наклоны земной поверхности. В тоже время присутствует и неопределенность, связанная с тем, что оценка связей между данными измерениями проводится по амплитуде измерений и не учитывается пространственное влияние (дальние связи) полей атмосферного давления.

В работе [7] проведен анализ пространственно-временной изменчивости атмосферного давления за несколько дней относительно точки эпицентра землетрясения и измерений наклонов, предшествующих умеренному землетрясению 4 декабря 2002 г. на полигоне Северного Тянь-Шаня. Показано, что временной ход наклонов земной поверхности определялся пространственным изменением атмосферного давления. При этом синхронно измерялись концентрации радона и торона, которые также изменялись под воздействием атмосферного давления. Данное исследование показало, что изменчивость атмосферного давления во времени и в пространстве, т.е. движение антициклонов и циклонов приводит к возникновению наклонов земной поверхности, деформации земной коры, выходу радона.

Достаточно наглядный случай влияния атмосферной циркуляции на наклоны земной поверхности можно продемонстрировать по данным измерений краткосрочных предвестников представленных в работе [1].

Измерения наклонов выполнены наклономером Островского по двум направлениям на станции Тургень Северного Тянь-Шаня [1]. Измерения автоматизированы, регистрация цифровая, с дискретностью 1 мин. За 9 ч до землетрясения с энергетическим классом $K = 13$ (глубина гипоцентра 5 км, интенсивность в г. Алматы оценивалась в 4 балла шкалы МСК-64), отмечено резкое изменение уровня по каналу «С-Ю», с опусканием в северном направлении (рис. 1).

Проведем анализ пространственно-временной изменчивости атмосферной циркуляции в дни предшествующие резкому изменению уровня наклона в соответствии с данными представленными на рис. 1. На рис. 2 представлены поля атмосферного давления за 29 и 30 апреля 2011 г. Звездочкой указано место эпицентра землетрясения. Место измерения наклонов в 110 км на юго-восток. Карты атмосферного давления показывают, что 29 и 30 апреля изменения атмосферной циркуляции направлены в сторону роста, а в точке измерения наклонов атмосферное давление выросло с 1013 гПа

29 апреля до 1017 гПа 30 апреля 2011 г. В дальнейшем, 1 мая, в северной части рассматриваемой территории образовалась область повышенного давления с давлением около 1025 гПа в ее центральной части. Рост уровня наклона земной коры по каналу «С-Ю» и был обусловлен увеличением давления в северной части рассматриваемой территории.

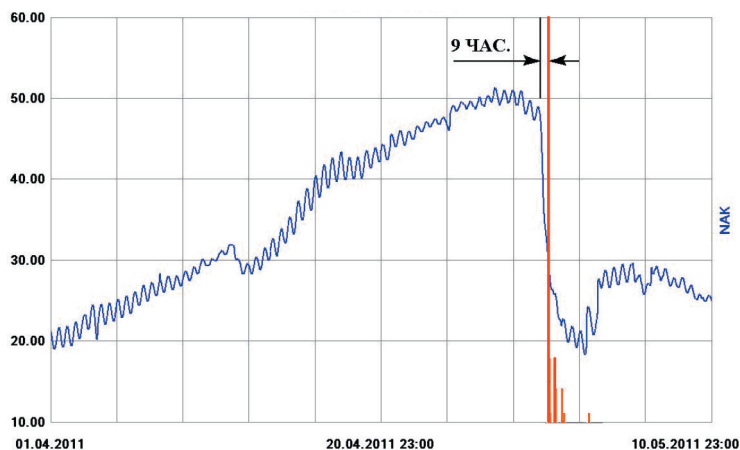


Рис. 1. График 1-минутных значений наклонов по каналу «С-Ю» на станции Тургенъ с 10.04.2011 по 10.05.2011 [1]

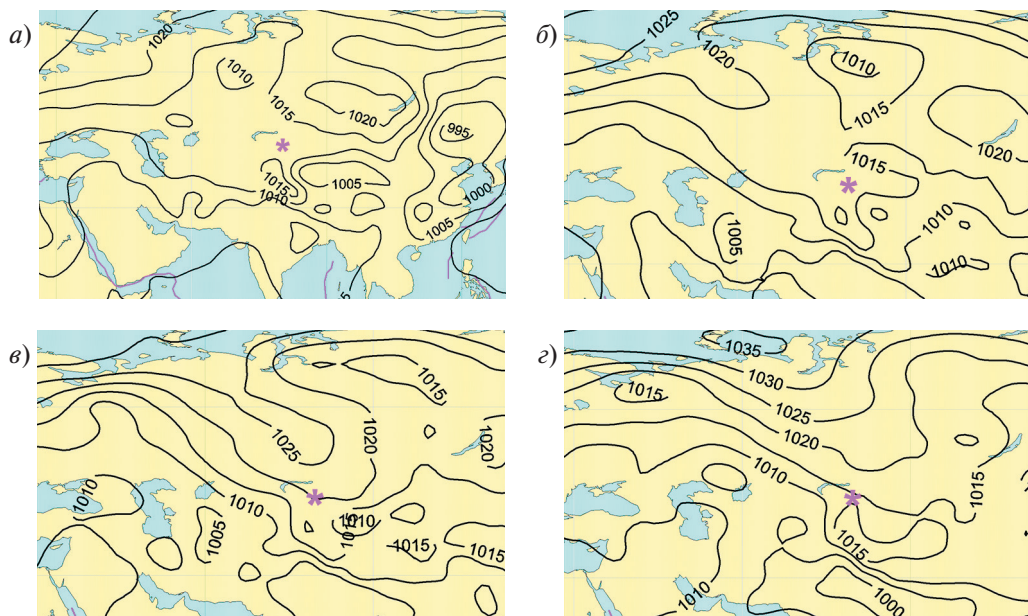


Рис. 2. Поля атмосферного давления: а — 29.04.2011; б — 30.04.2011; в — 01.05.2011; г — 02.05.2011

Этот факт резкого изменения атмосферного иллюстрируют карты, представленные на рис. 3. На рисунке приведены две карты расчетов барических нагрузок за день до резкого изменения наклона и в день, когда произошел резкий наклон, и случилось землетрясение. Из рисунков видно, что за день до резкого изменения наклона наблюдалась зона отрицательной нагрузки к северу от точки измерений и соответствует высокому значению наклона. Однако в день, когда произошел резкий наклон, и случилось землетрясение в указанной обширной зоне, отрицательная нагрузка сменилась на положительную, что зафиксировал прибор в виде резкого изменения наклона с опусканием в северном направлении.

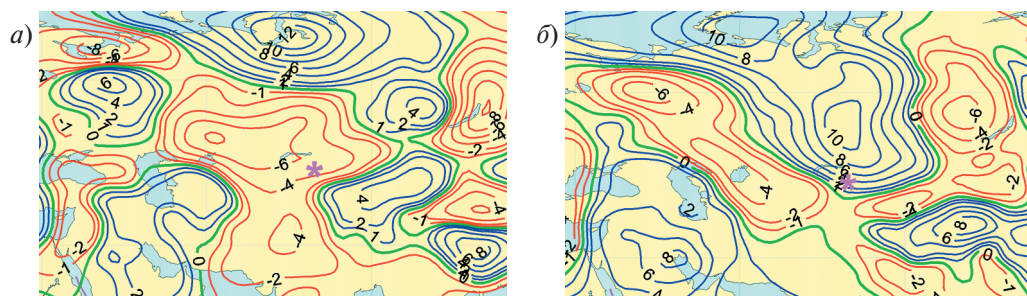


Рис. 3. Поля расчетных значений барической нагрузки: а — 30.04.2011; б — 01.05.2011

Анализ пространственно-временной изменчивости атмосферного давления во всех случаях убедительно показывают его огромное воздействие на земную кору. При этом часто возникают геофизические предвестники, а землетрясений не происходит и наоборот — геофизический предвестник не проявляется, а землетрясение происходит внезапно, с точки зрения сейсмологов. Эти факты и послужили основой для принятия геологами парадигмы о не предсказуемости землетрясений. Однако геологами пока не принят факт того, что триггером возникновения землетрясения является строго упорядочная смена барических нагрузок положительных и отрицательных на определенные участки земной коры, которую обеспечивают атмосферно-циркуляционные предвестники (АЦП). Атмосферно-циркуляционные предвестники рассчитываются с помощью геоинформационных и аналитических приложений, строятся поля атмосферного давления, температуры воздуха и рассчитываются барические нагрузки на земную кору на пространстве в несколько тысяч километров от точки проведения геофизических измерений. Такие карты за интервал в пять суток (за 3–4 дня до землетрясения и 1–2 дня после), отражающие поля атмосферного давления, температуры воздуха и расчетные значения барических нагрузок на земную кору предшествующие геофизическим предвестникам и землетрясениям, называют атмосферно-циркуляционным предвестником [3].

В случаях, когда проявляется геофизический предвестник, над земной корой наблюдаются атмосферная циркуляция приводящая к усилению интенсивности геофизического предвестника. Но данная изменчивость атмосферной циркуляции не является АЦП и поэтому не приводит к возникновению землетрясения. Этот

факт проверен на многочисленных случаях. В противоположных случаях, когда геофизический предвестник не проявляется, а землетрясения происходят, связано с внутригодовой изменчивостью атмосферной циркуляции [6]. Данное утверждение основывается на представительном материале данных эмиссии литосферных газов, уровня воды в скважинах. В процессе годового хода атмосферной циркуляции меняются траектории прохождения циклонов и антициклонов. Поэтому в определенные месяцы года барическая нагрузка на земную кору вызывает эмиссию литосферных газов в зависимости реологических свойств земной коры в данном месте и от эндогенного выхода литосферных газов в данной области. В другие месяцы траектория циклонов и антициклонов смещается из той области. В результате, мощные барические нагрузки на земную кору проявляются рядом, но на другом участке земной коры, где реологические свойства другие и нет области с выходом литосферных газов. Это подразумевает появление других, типичных АЦП, характерных для данных месяцев года и данного места. Подобные результаты были получены и по данным уровня воды в скважинах.

Для сейсмических событий пространственная направленность разломов и неоднородностей земной коры имеет существенное значение. Также и геофизические предвестники проявляются по-разному в зависимости от реологических свойств участков земной коры и от геологического строения рассматриваемой территории.

Поэтому атмосферно-циркуляционные предвестники, инициирующие усиление (уменьшение) геофизических предвестников, в каждом сейсмически активном районе различны. С целью обнаружения статистически значимой связи изменения атмосферной циркуляции с усилением геофизических предвестников для каждого локального сейсмоактивного района разрабатываются свои, региональные, атмосферно-циркуляционные предвестники.

Исследования последних лет показали, что именно изменения атмосферной циркуляции обуславливают появление и усиление геофизических предвестников — геоакустические шумы, эмиссию радона, изменение уровня подземных вод, деформацию и наклоны земной коры. Изучение и формирование каталогов таких изменений атмосферной циркуляции является основой принципиально нового подхода к выявлению геофизических предвестников. Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности использования атмосферных преобразований в качестве универсального предвестника геофизических предвестников и сейсмических событий. Мониторинг геофизических измерений смогут выполнить предназначенную им прогностическую роль только в случае совместного использования с атмосферно-циркуляционными предвестниками.

Литература

1. *Белослюдов О.М.* Краткосрочные предвестники землетрясения 1 мая 2011 г., К = 13. // Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu, 2011, səh. 119–123.
Beloslyudtsev O.M. Kratkosrochnyye predvestniki zemletryaseniya 1 maya 2011 g., K = 13. // Azərbaycan ərazisində seysmoproqnoz müşahidələrin kataloqu, 2011, səh. 119–123.
2. *Боков В.Н.* Изменчивость атмосферной циркуляции — инициатор сильных землетрясений. // Уральский геофизический вестник, 2004, № 6. — Екатеринбург: УрО РАН, с. 5–11.

- Bokov V.N. Izmenchivost atmosferynoy tsirkulyatsii — initsiator silnykh zemletryaseniy. // Uralskiy geofizicheskiy vestnik, 2004, № 6. — Yekaterinburg: UrO RAN, s. 5–11.*
3. Боков В.Н. О перспективах краткосрочного прогноза сильных землетрясений. // Материалы Третьих Чтений Булашевича. — Екатеринбург: УрО РАН, 2005, с. 10–12.
Bokov V.N. O perspektivakh kratkosrochnogo prognoza silnykh zemletryaseniy. // Materialy Tretikh Chteniy Bulashevicha. — Yekaterinburg: UrO RAN, 2005, s. 10–12.
 4. Боков В.Н. Увеличение интенсивности проявления геофизических предвестников землетрясений под влиянием изменчивости атмосферного давления. // Кн. Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. // Сб. Мат. V межд. конф. чтения Булашевича. — Екатеринбург: УрО РАН, 2009, с. 46–50.
Bokov V.N. Uvelicheniye intensivnosti proyavleniya geofizicheskikh predvestnikov zemletryaseniy pod vliyaniyem izmenchivosti atmosfernogo davleniya. // Kn. Geodinamika. Glubinnoye stroyeniye. Teplovoye pole Zemli. Interpretatsiya geofizicheskikh poley. // Sb. Mat. V mezhd. konf. chteniya Bulashevicha. — Yekaterinburg: UrO RAN, 2009, s. 46–50.
 5. Боков В.Н. О связи атмосферной циркуляции и сейсмичности в диапазоне сезонной изменчивости. // Ученые записки РГГМУ, 2010, № 14, с. 89–100.
Bokov V.N. O svyazi atmosferynoy tsirkulyatsii i seysmichnosti v diapazone sezonnoy izmenchivosti. // Uchenyye zapiski RGGMU, 2010, № 14, s. 89–100.
 6. Боков В.Н., Гутшабаш Е.Ш., Потиха Л.З. Атмосферные процессы как триггерный эффект возникновения землетрясений. // Ученые записки РГГМУ, 2011, № 18, с. 173–184.
Bokov V.N., Gutshabash Ye.Sh., Potikha L.Z. Atmosfernyye protsessy kak triggernyy effekt vozniknoveniya zemletryaseniy. // Uchenyye zapiski RGGMU, 2011, № 18, s. 173–184.
 7. Боков В.Н., Воробьев В.Н. Воздействие атмосферной циркуляции на наклоны земной поверхности. // Ученые записки РГГМУ, 2012, № 26, с. 173–184.
Bokov V.N., Vorobyev V.N. Vozdeystviye atmosferynoy tsirkulyatsii na naklony zemnoy poverkhnosti. // Uchenyye zapiski RGGMU, 2012, № 26, s. 173–184.
 8. Боков В.Н., Воробьев В.Н. Изменчивость геоакустической эмиссии и изменения атмосферной циркуляции. // Ученые записки РГГМУ, 2013, № 31, с. 173–184.
Bokov V.N., Vorobyev V.N. Izmenchivost geoakusticheskoy emissii i izmeneniya atmosferynoy tsirkulyatsii. // Uchenyye zapiski RGGMU, 2013, № 31, s. 173–184.
 9. Волейшо В.О. Гидрогеодинамическая реакция подземных вод на проявление внешних природных сил — атмосферного давления, океанических и земных приливов. // Гидрогеол. и инж.геол. — М.: ВИМСЭ, 1984. — 57 с.
Voleysho V.O. Hidrogeodinamicheskaya reatsiya podzemnykh vod na proyavleniye vneshnikh prirodnykh sil — atmosfernogo davleniya, okeanicheskikh i zemnykh prilivov. // Hidrogeol. i inzh.geol. — M.: VIMSE, 1984. — 57 s.
 10. Гаврилов В.А., Морозова Ю.В., Сторчеус А.В. Вариации уровня геоакустической эмиссии в глубокой скважине Г-1 (Камчатка) и их связь с сейсмической активностью. // Вулканология и сейсмология, 2006, № 1, с. 52–67.
Gavrilov V.A., Morozova Yu.V., Storcheus A.V. Variatsii urovnya geoakusticheskoy emissii v glubokoy skvazhine G-1 (Kamchatka) i ikh svyaz s seysmicheskoy aktivnostyu. // Vulkanologiya i seysmologiya, 2006, № 1, s. 52–67.
 11. Голицын Б.Б. Лекции по сейсмометрии. — СПб.: типогр. императорской АН, 1912. — 486 с.
Golitsyn B.B. Lektsii po seysmometrii. — SPb.: tipogr. imperatorskoy AN, 1912. — 486 s.
 12. Гордеев Е.И., Гусев А.А., Левина В.И., Леонов В.Л., Чебров В.Н. Коровая сейсмичность Камчатки, комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. // К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии. — Петропавловск-Камчатский: КПД, 2004, с. 62–74.
Gordeyev Ye.I., Gusev A.A., Levina V.I., Leonov V.L., Chebrov V.N. Korovaya seysmichnost Kamchatki, kompleksnyye seysmologicheskiye i geofizicheskkiye issledovaniya Kamchatki. // K 25-letiyu Kamchatskoy opytно metodicheskoy seysmologicheskoy partii. — Petropavlovsk-Kamchatskiy: KPD, 2004, s. 62–74.
 13. Гордиенко В.А., Гордиенко Т.В., Купцов А.В. и др. Геоакустическая локация областей подготовки землетрясений. // Докл. РАН, 2006, т. 407, № 5, с. 669–672.
Gordiyenko V.A., Gordiyenko T.V., Kuptsov A.V. i dr. Geoakusticheskaya lokatsiya oblastey podgotovki zemletryaseniy. // Dokl. RAN, 2006, t. 407, № 5, s. 669–672.
 14. Гриднев Д.Г., Науменко-Бондаренко И.И., Сидорин А.Я. Аномальные изменения наклонов земной поверхности на Гармском геофизическом полигоне по данным кварцевых наклономеров. // Докл. АН

- СССР, 1991, т. 320, № 1, с. 74–77.
Gridnev D.G., Naumenko-Bondarenko I.I., Sidorin A.Ya. Anomalnyye izmeneniya naklonov zemnoy poverkhnosti na Garmskom geofizicheskom poligone po dannym kvartsevykh naklonomerov. // Dokl. AN SSSR, 1991, t. 320, № 1, s. 74–77.
15. *Гутенберг В.* Основы сейсмологии. — М.-Л.: ОНТИ, 1935. — 146 с.
Gutenberg V. Osnovy seysmologii. — М.-Л.: ONTI, 1935. — 146 s.
16. *Гуфельд И.Л., Матвеева М.И., Новоселов О.Н.* Почему мы не можем осуществить прогноз сильных коровых землетрясений. // Геодинамика и тектонофизика, 2011, т. 2, № 4, с. 378–315.
Gufeld I.L., Matveyeva M.I., Novoselov O.N. Pochemu my ne mozhem osushchestvit prognoz silnykh korovykh zemletryaseniy. // Geodinamika i tektonofizika, 2011, t. 2, № 4, s. 378–315.
17. *Зубков С.И.* Времена возникновения предвестников землетрясений. // Физика Земли, 1987, № 5, с. 87–91.
Zubkov S.I. Vremena vozniknoveniya predvestnikov zemletryaseniy. // Fizika Zemli, 1987, № 5, s. 87–91.
18. *Зубков С.И.* О краткосрочных предвестниках землетрясений. // Физика Земли, 1993, № 9, с. 67–70.
Zubkov S.I. O kratkosrochnykh predvestnikakh zemletryaseniy. // Fizika Zemli, 1993, № 9, s. 67–70.
19. *Копылова Г.Н.* Изменения уровня воды в скважине Елизовская-1, Камчатка, вызванные сильными землетрясениями (по данным наблюдений в 1987–1998 гг.). // Вулканология и сейсмология, 2001, № 2, с. 39–52.
Kopylova G.N. Izmeneniya urovnya vody v skvazhine Yelizovskaya-1, Kamchatka, vyzvannyye silnymi zemletryaseniyami (po dannym nablyudeniy v 1987–1998 gg.) // Vulkanologiya i seysmologiya, 2001, № 2, s. 39–52.
20. *Копылова Г.Н.* Изменения уровня воды в скважинах под влиянием землетрясений. // Вестник КРАУНЦ. Серия наук о Земле, 2005, № 5, с. 113–126.
Kopylova G.N. Izmeneniya urovnya vody v skvazhinakh pod vliyaniem zemletryaseniy. // Vestnik KRAUNTs. Seriya nauk o Zemle, 2005, № 5, s. 113–126.
21. *Купцов А.В.* Изменение характера геоакустической эмиссии в связи с землетрясением на Камчатке. // Физика Земли, 2005, № 10, с. 59–65.
Kuptsov A.V. Izmeneniye kharaktera geoakusticheskoy emissii v svyazi s zemletryaseniyem na Kamchatke. // Fizika Zemli, 2005, № 10, s. 59–65.
22. *Купцов А.В., Ларионов И.А., Шевицов Б.М.* Особенности геоакустической эмиссии при подготовке камчатских землетрясений. // Вулканология и сейсмология, 2005, № 5, с. 45–59.
Kuptsov A.V., Larionov I.A., Shevtsov B.M. Osobennosti geoakusticheskoy emissii pri podgotovke kamchatskikh zemletryaseniy. // Vulkanologiya i seysmologiya, 2005, № 5, s. 45–59.
23. *Латынина Л.А., Васильев И.М.* Деформация земной коры под влиянием атмосферного давления. // Физика Земли, 2001, № 5, с. 45–54.
Latynina L.A., Vasilyev I.M. Deformatsiya zemnoy kory pod vliyaniem atmosfernogo davleniya. // Fizika Zemli, 2001, № 5, s. 45–54.
24. *Перцев Б.П., Ковалева О.В.* Оценка влияния колебаний атмосферного давления на наклоны и линейные деформации земной поверхности. // Физика Земли, 2004, № 8, с. 79–81.
Pertsev B.P., Kovaleva O.V. Otsenka vliyaniya kolebaniy atmosfernogo davleniya na naklony i lineynyye deformatsii zemnoy poverkhnosti. // Fizika Zemli, 2004, № 8, s. 79–81.
25. *Пруцкая Л.Д.* Уникальные связи между атмосферными и геодинамическими процессами, обнаруженные в сейсмически активные периоды. // Тез. докл. Шестые геофиз. чт. им. В.В.Федынского. — М.: Центр ГЕОН, 2004, с. 31–32.
Prutskaya L.D. Unikalnyye svyazi mezhdu atmosfernymi i geodinamicheskimi protsessami, obnaruzhennyye v seysmicheski aktivnyye periody. // Tez. dokl. Shestyte geofiz. cht. im. V.V.Fedynskogo. — М.: Tsentr GEON, 2004, s. 31–32.
26. *Рикитак Т.* Предсказание землетрясений. — М.: Мир, 1979. — 388 с.
Rikitake T. Predskazaniye zemletryaseniy. — М.: Mir, 1979. — 388 s.
27. *Соболев Г.А., Пономарев А.В.* Физика землетрясений и предвестники. — М.: Наука, 2003. — 270 с.
Sobolev G.A., Ponomarev A.V. Fizika zemletryaseniy i predvestniki. — М.: Nauka, 2003. — 270 s.
28. *Сытинский А.Д.* Связь сейсмичности Земли с солнечной активностью и атмосферными процессами. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 100 с.
Sytinskiy A.D. Svyaz seysmichnosti Zemli s solnechnoy aktivnostyu i atmosfernymi protsessami. — L.: Gidrometeoizdat, 1987. — 100 s.

29. Трубицин А.П., Макалкин А.Б. Деформации земной коры под действием атмосферных циклонов. // Физика Земли, 1976, № 5, с. 94–96.
Trubitsin A.P., Makalkin A.B. Deformatsii zemnoy kory pod deystviem atmosferynykh tsiklonov. // Fizika Zemli, 1976, № 5, s. 94–96.
30. Юрков А.К., Демежко Д.Ю., Уткин В.И. Об информативности температурного мониторинга в скважинах при изучении тектонического режима. // Уральский геофизический вестник, № 1(18). — Екатеринбург: УрО РАН, 2011, с. 45–53.
Yurkov A.K., Demezhko D.Yu., Utkin V.I. Ob informativnosti temperaturnogo monitoringa v skvazhinakh pri izuchenii tektonicheskogo rezhima. // Uralskiy geofizicheskiy vestnik, № 1(18). — Yekaterinburg: UrO RAN, 2011, s. 45–53.