

АРКТИЧЕСКИЙ БАССЕЙН

Г.П. Аветисов

Рассматриваются землетрясения, попадающие в рамки шестиугольника со следующими координатами угловых точек (рис. 1): 1. $\varphi=82^{\circ}\text{N}$, $\lambda=10^{\circ}\text{E}$; 2. $\varphi=82^{\circ}\text{N}$, $\lambda=70^{\circ}\text{E}$; 3. $\varphi=70^{\circ}\text{N}$, $\lambda=70^{\circ}\text{E}$; 4. $\varphi=70^{\circ}\text{E}$, $\lambda=101^{\circ}\text{E}$; 5. $\varphi=76^{\circ}\text{E}$, $\lambda=101^{\circ}\text{E}$; 6. $\varphi=76^{\circ}\text{E}$, $\lambda=170^{\circ}\text{W}$. В этих пределах в 1999 г. не работало ни одной сейсмической станции, поэтому, как и в прошлые годы, представляемая информация о землетрясениях получена исключительно по данным [1] мировой сети, вводимым последовательно в Банк арктических сейсмологических данных (АРС), структура которого описана в [2].

Всего в течение 1999 г. мировой сетью в пределах указанного региона зарегистрировано 267 землетрясений, охарактеризованных определениями магнитуд по данным ISC (m_b и M_s), NEIC (m_b и M_s), EIDC (m_b и M_s) и MOS ($MPSP$ и MS).

Как показано в [3], представительными для данного региона в настоящее время являются землетрясения, начиная с магнитуды $(m_b)_{ISC}=4.5$.

Картина распределения эпицентров землетрясений в 1999 г. типична для данного района Арктики (рис. 1). Подавляющее большинство землетрясений связаны с сейсмоактивной зоной, протягивающейся через глубоководную часть Арктического бассейна до шельфа моря Лаптевых. Указанная зона является фрагментом глобального сейсмического пояса срединно-океанических хребтов, трассирующего дивергентные границы литосферных плит. Это хорошо видно из карты эпицентров Евразийского суббассейна за 1948–1999 гг. (рис. 2), построенной автором. В глубоководной части Северного Ледовитого океана она приурочена к гребню подводного хр. Гаккеля, являющегося продольной осью Евразийского суббассейна. По ней проходит граница Евразийской и Североамериканской литосферных плит [4–7].

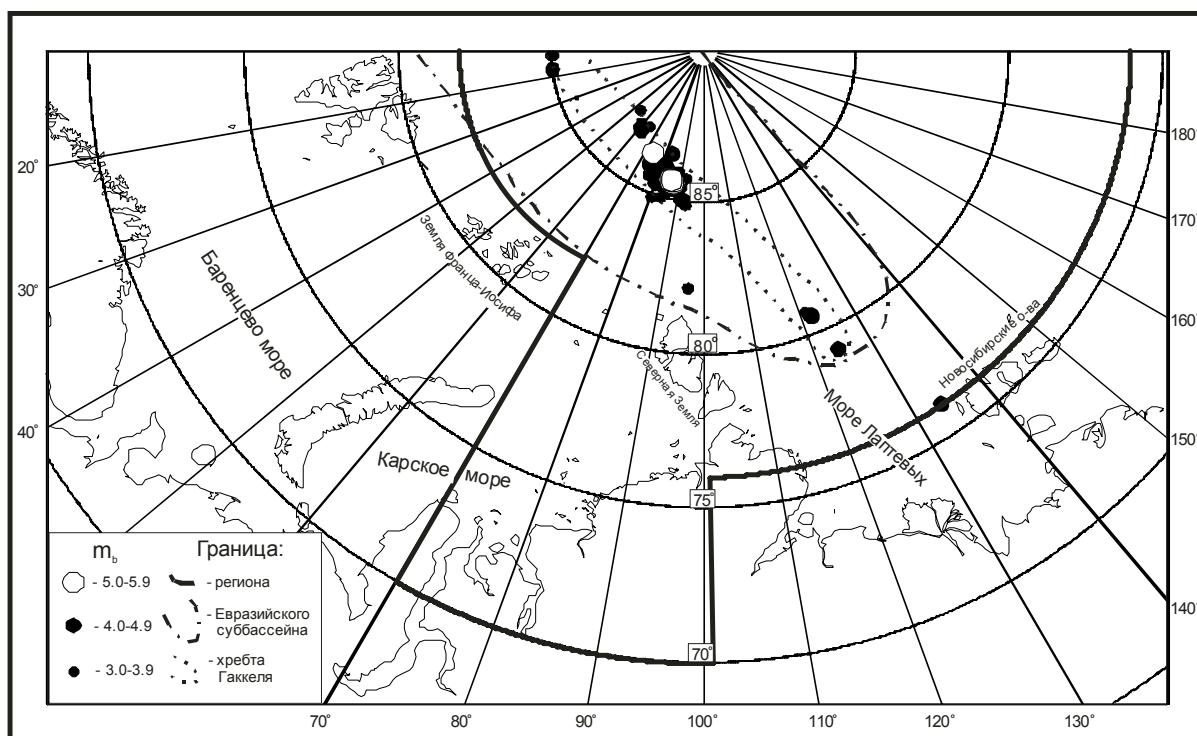


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Арктического региона за 1999 г.

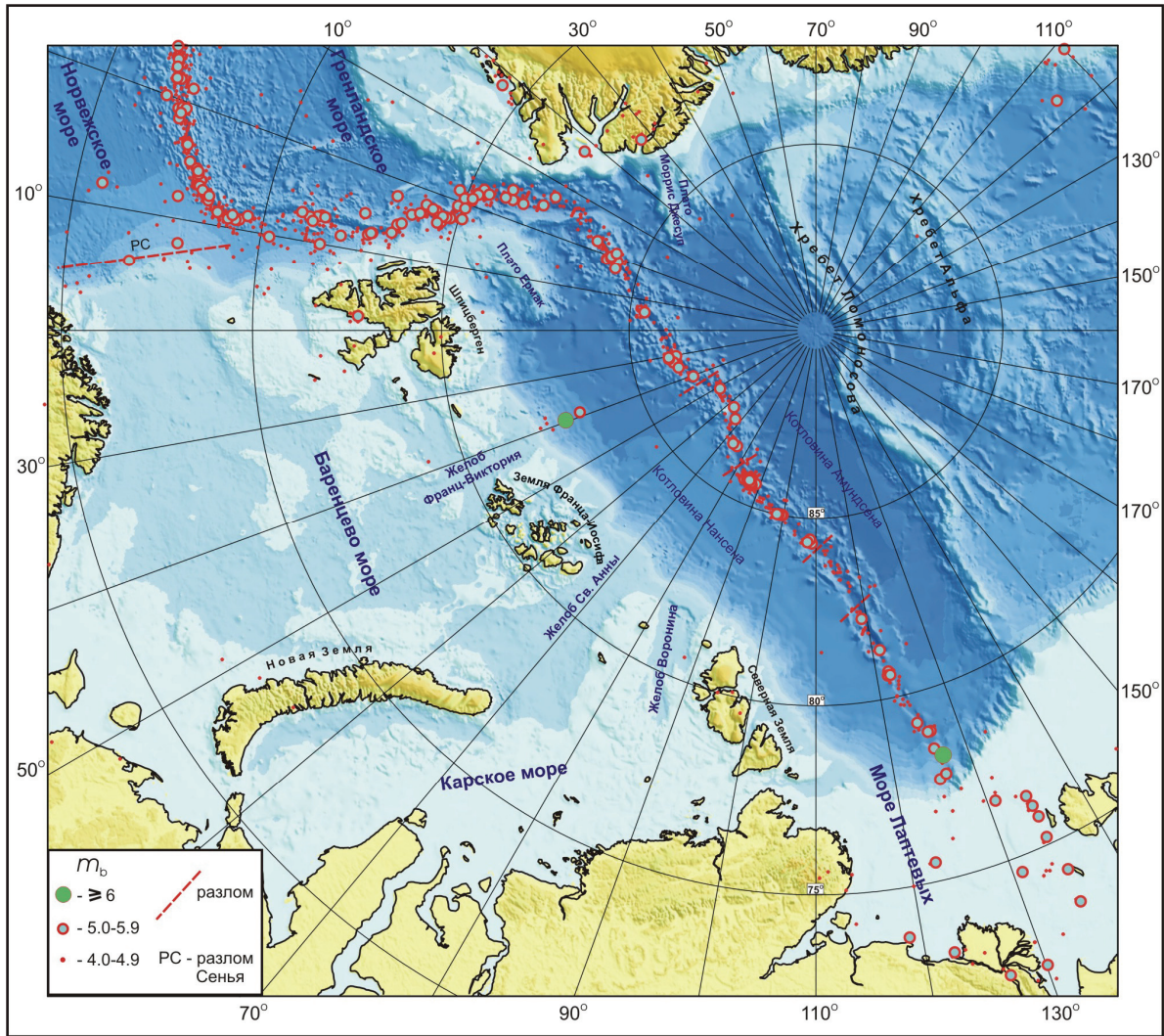


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Евразийского суббассейна и прилегающих акваторий за 1948–1998 гг.

Лишь один эпицентр отмечен за пределами этой зоны в районе континентального склона Евразийского суббассейна севернее архипелага Северная Земля (рис. 1).

Аномальной особенностью сейсмического режима Арктического бассейна в 1999 г. явилось возникновение облака землетрясений с повышенной плотностью эпицентров в локальной зоне с $\lambda=74-88^\circ\text{E}$ (основное число событий с $\lambda=84-88^\circ\text{E}$) (рис. 1, 3) [8]. Согласно всей совокупности данных по сейсмичности хр. Гаккеля [2, 7], этот участок совпадает с местом обычно наблюдаемого сгущения эпицентров, однако в течение 1990–1997 гг. здесь отмечалось затишье сейсмической активности. Повышение ее началось в 1998 г. [9].

В 1999 г. продолжительность периода повышенной активности составила около пяти месяцев (с февраля по июнь). При этом, как следует из рис. 4, можно выделить три фазы процесса: более интенсивную – с февраля по первую половину апреля, заметное затишье – с первой декады апреля по первую декаду июня, затем вновь всплеск активности – с первой декады июня до первой декады июля. В течение первой фазы произошло девять из одиннадцати землетрясений с магнитудой свыше 5.0. Для оценки выделенной сейсмической энергии E использована формула из [10]:

$$\lg E = 4 + 1.8 (Ms)_{\text{ISC}} \quad (1)$$

При отсутствии наблюдаемых значений M_s использовались расчетные значения этой магнитуды, полученные по уравнению ортогональной регрессии:

$$(Ms)_{\text{ISC}} = 1.3 (m_b)_{\text{ISC}} - 1.7, \quad (2)$$

выведенному по материалам Банка сейсмологических данных (АРС) для землетрясений Срединно-Арктического хребта за период 1964–2002 гг. Число использованных пар значений магнитуд для расчета (2) составило 811, коэффициент корреляции – $r=0.84$.

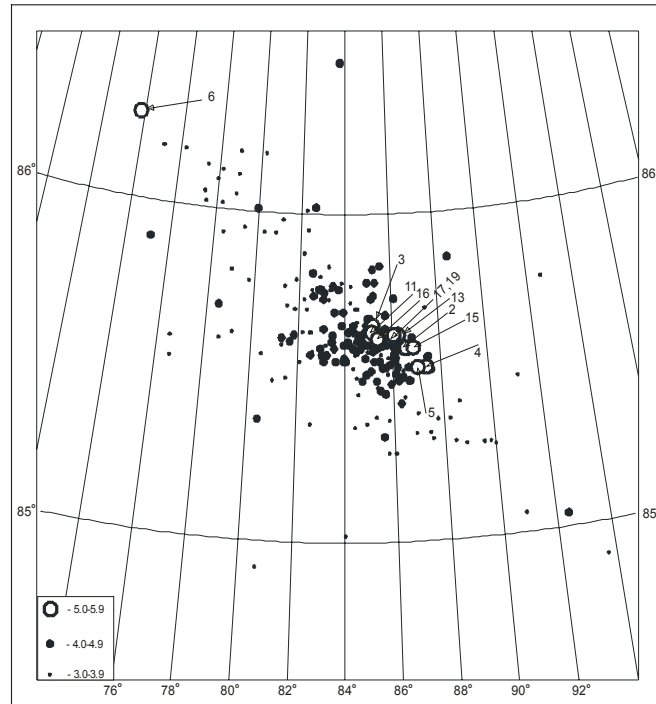


Рис. 3. Карта эпицентров роя землетрясений в 1999 г.

Числа соответствуют номерам землетрясений в первой графе каталога [8].

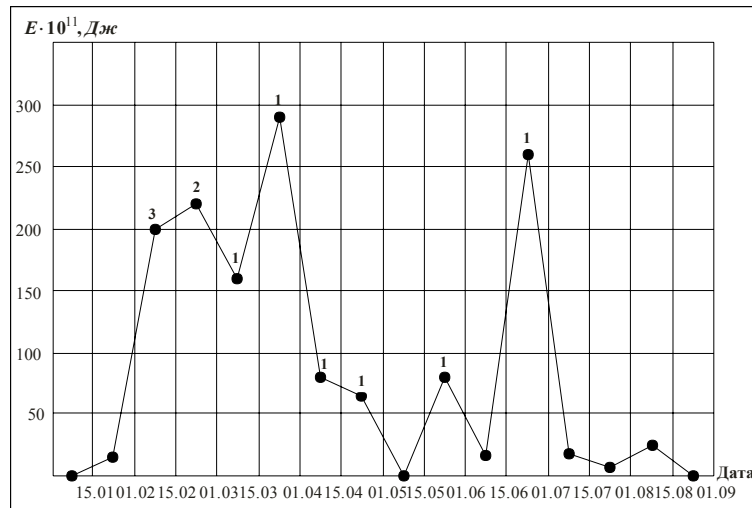


Рис. 4. График изменения во времени сейсмической энергии, высвобожденной в очагах землетрясений роя за период с 15 января по 1 сентября 1999 г.

Цифры на графике указывают число сильных ($m_b \geq 5.0$) землетрясений.

На рис. 5 дана развертка во времени реализации землетрясений описываемых событий по двум параметрам: долготе и глубине. Всплеск активности начался первого февраля, когда на небольшом участке между меридианами 85°E и 88°E произошло 17 землетрясений, из которых 13 имели $m_b \geq 4.0$, в том числе три с $m_b \geq 5.0$. Можно предположить, что они спровоцировали разрядку напряжений на западном, менее активном участке, между меридианами 73°E и 83°E , хотя основная масса последующих землетрясений реализовалась восточнее 84°E .

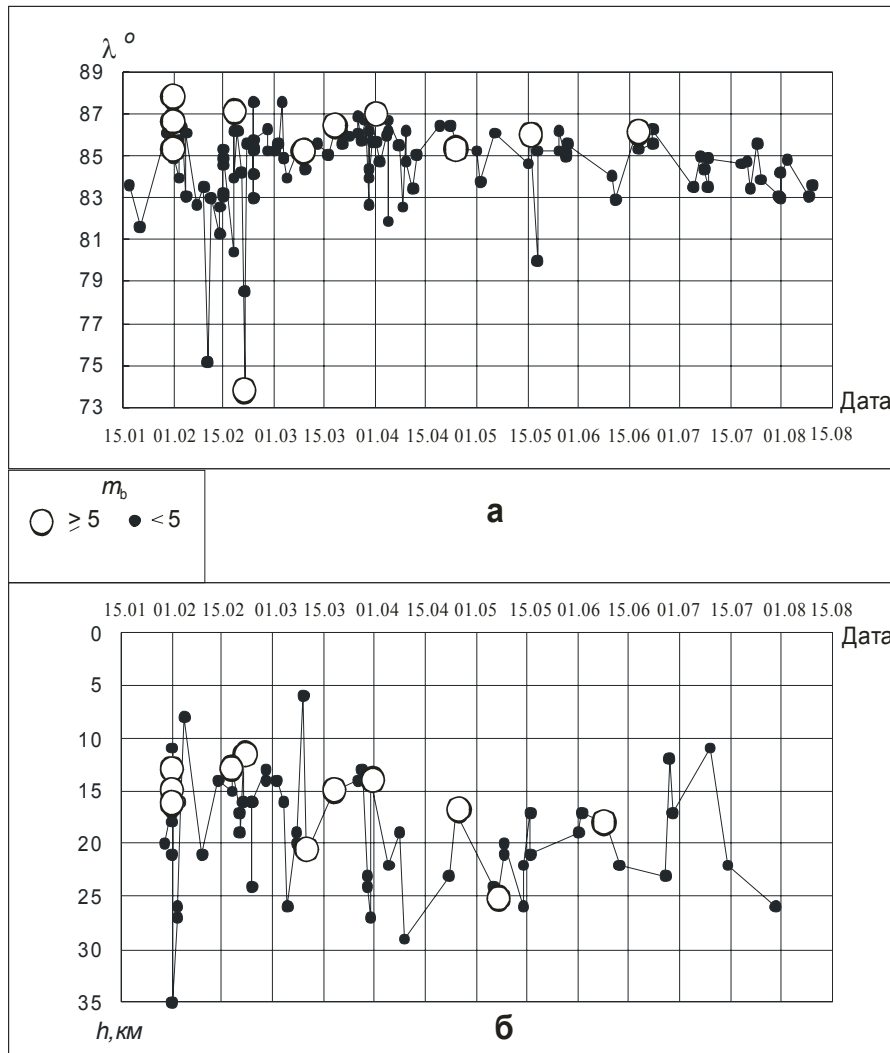


Рис. 5. Развертка во времени значений долготы λ° (а) и глубины гипоцентров $h, \text{ км}$ (б) для землетрясений в облаке повышенной их плотности за 1999 г.

Глубины гипоцентров, определенные по фазе pP , у подавляющего большинства землетрясений, в том числе и у всех сильных, локализованы в диапазоне 10–25 км, т.е. в пределах сейсмоактивного слоя, установленного под хр. Гаккеля за весь цикл инструментальных наблюдений [11].

Параметры графика повторяемости землетрясений в рое

$$\lg N = 7.7 - 1.4 m_b, \quad (4)$$

близки к таковым для землетрясений всего хр. Гаккеля

$$\lg N = 8.2 - 1.6 m_b, \quad (3)$$

полученного автором с использованием АРС за 1964–2001 гг.

Для 22 событий 1999 г. составлен каталог механизмов очагов [12] по данным Гарварда [13]. Все решения дали механизм, близкий к режиму нормального сброса (рис. 6). Угол падения оси растяжения не превышает 30° , азимут простираения колеблется от 20° до 50° , свидетельствуя об ортогональности оси растяжения T к генеральной линии сейсмического пояса. Наибольшие отклонения $AZM(T)^\circ$ от указанных значений отмечены в середине первой, наиболее интенсивной фазы активности, а также для трех землетрясений, случившихся после спада активности, где диапазон колебаний достиг 90° (рис. 7). Описываемые землетрясения произошли в условиях преобладания растягивающих напряжений, обусловивших по нодальным плоскостям подвижки типа сброс.

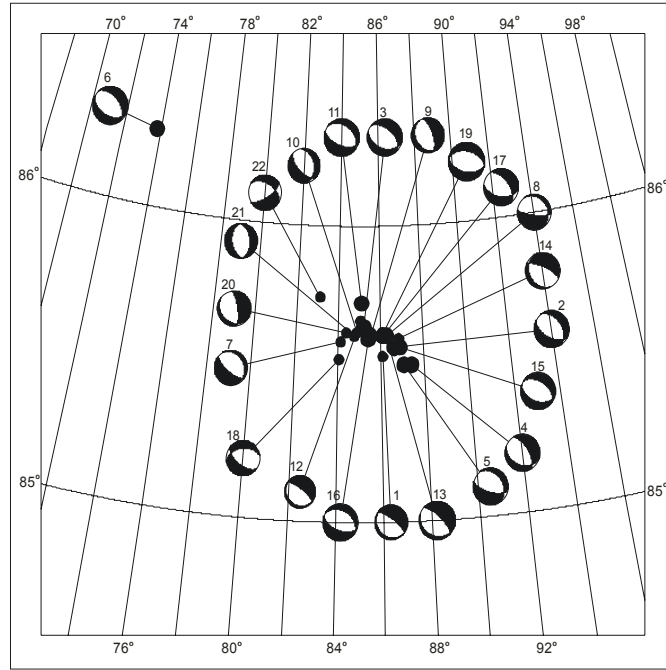


Рис. 6. Диаграммы механизмов очагов землетрясений из области повышенной их плотности
Номера возле диаграмм соответствуют таковым в графе 1 каталога землетрясений [8].
Зачернены области волн сжатия.

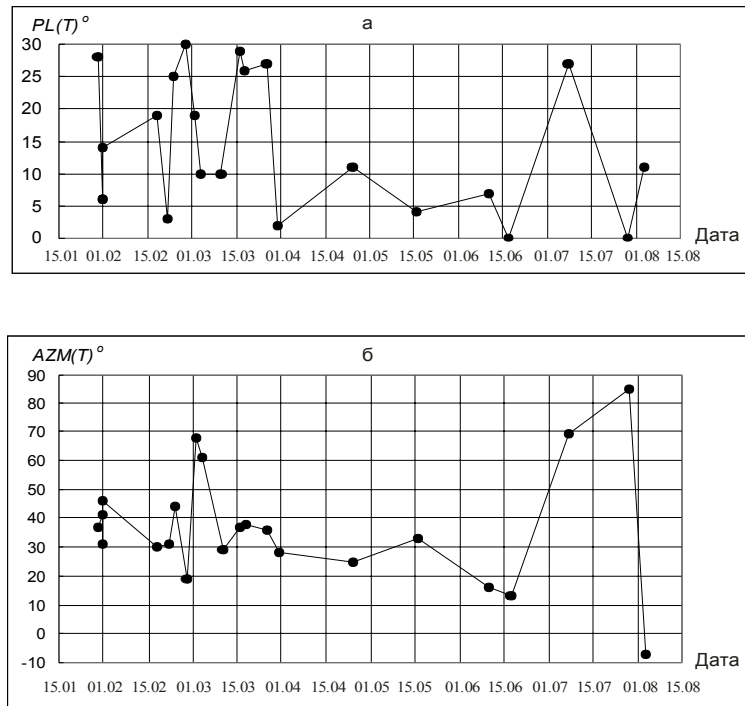


Рис. 7. Изменение во времени угла наклона (а) и азимута простираия (б)
оси растяжения T в очагах землетрясений

Величина (ϵ -value), равная отношению модулей N_{val}/T_{val} или N_{val}/P_{val} , для нескольких землетрясений достигает и даже превышает 0.3 (рис. 8). Это свидетельствует об отклонении механизма от модели двойной пары сил без момента (double-couple), что предполагает не плоскую, а объемную форму очага и наличие вулканических проявлений [14, 15].

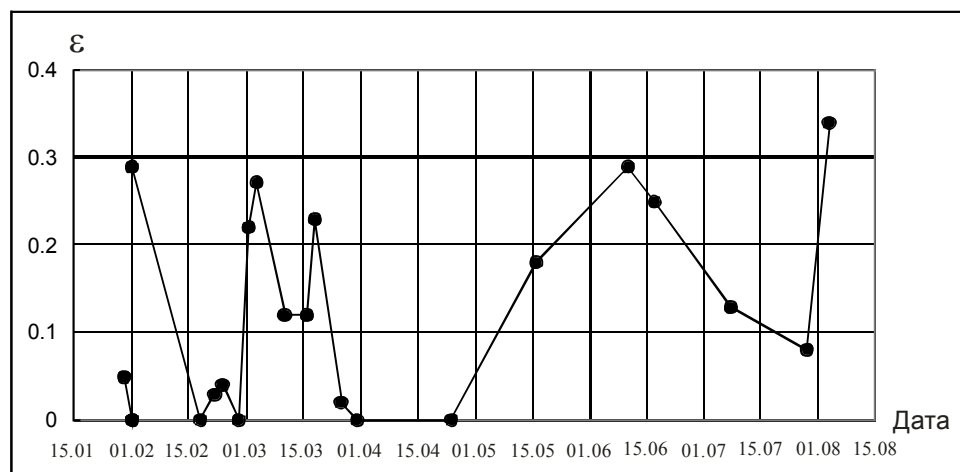


Рис. 8. Изменение во времени параметра ε в очагах землетрясений

Л и т е р а т у р а

1. Internet: <http://www/isc.ac.ur/Bulletin/htm>
2. Аветисов Г.П., Винник А.А., Копылова А.В. Модернизированный банк арктических сейсмологических данных // Российский геофизический журнал. – 2001. – Вып. 23–24. – С. 42–48.
3. Аветисов Г.П. Арктический бассейн за 1990–1994 гг. // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2000. – С. 117–121.
4. Sykes L.R. The seismicity of the Arctic // Bull. Seismol. Soc. Am. – 1965. – 55. – № 2. – P. 519–536.
5. Карасик А.М. Магнитные аномалии хребта Гаккеля и происхождение Евразийского суббассейна Северного Ледовитого океана // Геофизические методы разведки в Арктике. – Ленинград: НИИГА, 1968. – Вып. 5. – С. 8–19.
6. The Arctic Ocean region / The Geology of North America (edited by Grantz A., Johnson L. and Sweeney J.F.). – Boulder, Colorado: The Geological Society of America, 1990 – 1.– 644 p.
7. Аветисов Г.П. 1996. Сейсмоактивные зоны Арктики. – Санкт-Петербург: ВНИИОкеангеология, 1996. – 185 с.
8. Аветисов Г.П. (сост.) Арктический бассейн. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
9. Аветисов Г.П. Арктический бассейн // Землетрясения Северной Евразии в 1998 г. – Обнинск: ФООП, 2004. – С. 195–197.
10. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
11. Аветисов Г.П. О глубинах гипоцентров землетрясений срединно-арктического сейсмического пояса // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. – Санкт-Петербург: ВНИИОкеангеология, 2002. – Вып. 4. – С. 90–100.
12. Аветисов Г.П. (сост.). Арктический бассейн. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
13. Bulletin of the International Seismological Centre for 1999. – Berkshire: ISC, 2001.
14. Nettles M., Ekstrom G. Faulting mechanism of anomalous earthquakes near Bardarbunga Volcano, Iceland // J. Geophys. Res. – 1998. – 103. – № B8. – P. 17,973–17,983.
15. Muller C., Jokat W. Seismic evidence for volcanic activity discovered in Central Arctic // Eos, Transactions, American Geophysical Union. – 2000. – 81. – № 24. – P. 265–269.