

**МИХАЙЛОВА Яна Александровна**

*Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН*

*адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23; e-mail: mikhailovayana@gmail.com*

**МОРОЗОВ Алексей Николаевич**

*Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН*

*адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23; e-mail: morozovalexey@yandex.ru*

**ФЕДОРЕНКО Ирина Валентиновна**

*Институт экологических проблем Севера Уральского отделения РАН*

*адрес: 163000, г. Архангельск, наб. Северной Двины, д. 23; e-mail: fedorenko.irina.v@yandex.ru*

### **СОВРЕМЕННАЯ СЛАБАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СРЕДИННО-АРКТИЧЕСКОГО ХРЕБТА ГАККЕЛЯ<sup>1</sup>**

В настоящее время по хребту Гаккеля имеются подробные батиметрические, гравиметрические, магнитометрические, петрологические и сейсмические ( $c_{mb} > 4$ ) данные. Однако до сих пор мало данных об особенностях распределения в пределах хребта слабых землетрясений ввиду отсутствия систем наблюдений. Благодаря функционированию с 2011 года на архипелаге Земля Франца-Иосифа сейсмической станции ZFI (80,8° с.ш., 47,7° в.д.) появилась возможность регистрировать в пределах хребта Гаккеля слабые землетрясения с магнитудой  $M_L$  от 1,5. В статье приведен анализ результатов сейсмического мониторинга землетрясений в пределах участка хребта от 6° з.д. до 30° в.д. за период с декабря 2011 по октябрь 2014 года. Мы вычислили параметры сейсмического режима и их вариации. Показали, что хребет Гаккеля, несмотря на самую низкую скорость спрединга среди срединно-океанических хребтов, сейсмически активен. Землетрясения в пределах хребта Гаккеля регистрировались неравномерно во времени и в пространстве. Выявлено наличие периодов затишья и активизации сейсмичности. Наибольшее число эпицентров приурочено к центральному амагматическому сегменту, а именно к району, ограниченному координатами от 1,5 до 19,0° в.д. Построенный график Беньюффа позволил выявить тенденции высвобождения сейсмической энергии в пределах хребта Гаккеля во времени. В первом приближении можно выделить период стабилизации высвобождения сейсмической энергии длительностью 1 год. Вычисленные значения угла наклона кумулятивного графика повторяемости за период с 2012 по 2014 год также указывают на неравномерность проявления слабой сейсмичности во времени.

**Ключевые слова:** хребет Гаккеля, сейсмичность, сейсмический режим.

---

<sup>1</sup>Работа выполнена в рамках программы НИР № 0410-2014-0031.

© Михайлова Я.А., Морозов А.Н., Федоренко И.В., 2015

В настоящее время проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в Арктике уделяется большое внимание. Это обусловлено несколькими причинами: во-первых, открытие крупных месторождений нефти и газа и необходимость их промышленного освоения; во-вторых, общая относительно слабая изученность тектонических и геодинамических вопросов взаимодействия континентальной и океанической коры.

Важной в этом контексте становится информация о современной сейсмичности Арктических территорий, которая является основой для изучения степени сейсмической опасности и современных геодинамических процессов. Однако проведение сейсмического мониторинга в Арктике сталкивается с рядом объективных трудностей. Во-первых, редкая сеть сейсмических станций не позволяет регистрировать слабые землетрясения. Во-вторых, конфигурация (расположение в пространстве) станций не всегда дает возможность достоверно определять такие параметры очага землетрясений, как координаты, глубина, магнитуда. В результате складывающиеся представления о сейсмичности Арктики неполны и односторонне отражают действительность.

В большей мере это относится к Срединно-Арктическому хребту Гаккеля, формирующему границу между тектоническими плитами (Северо-Американской и Евразийской) в Северном Ледовитом океане. В настоящее время по хребту имеются подробные батиметрические, гравиметрические, магнитометрические, петрологические и сейсмические ( $m_b > 4$ ) данные. Однако до сих пор мало данных об особенностях распределения слабых землетрясений в пределах хребта, поэтому наши представления о геодинамических процессах в пределах хребта Гаккеля являются неполными. Изучение слабых землетрясений может дать много информации об активных процессах в пределах хребта и их магматической и тектонической природе.

Возобновление с 2011 года инструментальных сейсмологических наблюдений на архипе-

лаге Земля Франца-Иосифа (о. Земля Александры) позволило создать благоприятные условия для проведения сейсмического мониторинга хребта Гаккеля. Установка современной высокочувствительной аппаратуры дает возможность регистрировать слабые землетрясения ( $M_L > 1,5$ ) в пределах хребта, а привлечение исходных данных сейсмических станций, функционирующих на архипелаге Шпицберген, создает условия для достоверного определения параметров их эпицентров.

Целью данной работы является анализ слабой сейсмичности хребта Гаккеля путем вычисления параметров сейсмического режима и их вариаций. Вычисления были основаны на данных, полученных сейсмической станцией ZFI за период с декабря 2011 по октябрь 2014 года.

**Материалы и методы.** Хребет Гаккеля является частью единой глобальной системы срединно-океанических хребтов (СОХ) длиной около 70 000 км, протянувшейся через все океаны. Хребет Гаккеля простирается примерно на 1800 км от  $83^\circ$  с.ш.  $6^\circ$  з.д. до  $125^\circ$  в.д. Скорость спрединга на хребте варьирует от 1,4–1,5 до 0,7 см/год. На основании морфологических особенностей и глубинного строения на хребте были выделены 3 сегмента [1–3]: западный вулканический сегмент (ЗВС,  $7^\circ$  з.д. –  $3^\circ$  в.д.), центральный амагматический сегмент (ЦАС,  $3$ – $30^\circ$  в.д.), восточный вулканический сегмент (ВВС,  $30$ – $95^\circ$  в.д.). На основе анализа батиметрических и геофизических особенностей исследователи [4, 5] выделяют на хребте Гаккеля дополнительно от 7 до 9 сегментов, границами которых являются разломные зоны.

В пределах хребта Гаккеля отмечаются наиболее низкие скорости спрединга среди СОХ, значительная толщина литосферы, изменяющиеся вдоль длины степень прогресса мантии и геометрия спрединга. Соотношение эндогенных процессов также меняется вдоль простирания хребтов, а именно при преобладании тектонического фактора в структурообразовании; на отдельных участках значительную роль играют магматические и метаморфические процессы [3].

Обобщению информации о зарегистрированных в пределах хребта Гаккеля землетрясениях ( $c mb > 4$ ) за весь период инструментальных сейсмических наблюдений посвящены работы [4, 6–9]. Сейсмический пояс, трассирующий хребет Гаккеля, имеет практически постоянное простираение и среднюю ширину, не превышающую 20–30 км. Наиболее заметные отклонения эпицентров от осевой линии устанавливаются на участке между 40 и 80° в.д., где практически линейный фрагмент пояса длиной порядка 300 км смещен к северу на 100–120 км в своей западной части и далее на восток относительно плавно выходит на генеральную осевую линию.

В работе [4] на основе данных о землетрясениях за период с 1955 по 1999 год получены следующие уравнения графика повторяемости для западной части хребта Гаккеля:

$$\lg N = -0,83M + 5,20,$$

где  $N$  – количество землетрясений;  $M$  – магнитуда землетрясений.

Сейсмический мониторинг района исследования проводили на основе данных сейсмической станции ZFI за период с декабря 2011 по октябрь 2014 года. Для минимизации ошибки в определении координат эпицентров землетрясений дополнительно привлекали исходные данные сейсмических станций, функционирующих на архипелаге Шпицберген. Это станция KBS из сети GE (GEOFON – Global Seismic Network), станция HSPB из сети PL (Polish Seismic Network), станция HOPEN из сети NS (Norwegian National Seismic Network University of Bergen Norway), станция SPA0, входящая в сейсмическую группу SPITS. Доступ к данным осуществляли с помощью электронного ресурса GEOFON<sup>2</sup>.

Непосредственный анализ исходных данных сейсмических станций с целью получения параметров очага проводили в программном комплексе WSG [10] совместной разработки Геофизической службы РАН и «НПП Геотех» (автор программы Акимов Андрей Петрович).

Для установления координат землетрясений и времени в очаге использовали разработанную в Институте экологических проблем Севера Уральского отделения РАН региональную скоростную модель NOES, для определения значений локальной магнитуды  $ML$  (MWA) – реализованный в программе WSG способ расчета, основанный на осредненной по Северной Евразии калибровочной функции [11]. Экспериментально установили, что при существующей конфигурации сейсмических станций и используемой скоростной модели эпицентры землетрясений в пределах хребта Гаккеля после 30° в.д. имеют большую ошибку. Поэтому в своих дальнейших рассуждениях и выводах о пространственно-временном распределении землетрясений будем подразумевать только землетрясения в пределах ЗВС и ЦАС хребта Гаккеля (от 6° з.д. до 30° в.д.).

Сформированный на основе данных ZFI каталог землетрясений в пределах хребта Гаккеля стал основой для вычисления параметров сейсмического режима и их вариаций. Перечень определяемых параметров сейсмического режима следующий:

– пространственно-временное распределение эпицентров землетрясений;

– выделившаяся сейсмическая энергия (график Беньоффа);

– наклон графика повторяемости (закон Гутенберга–Рихтера).

Для построения графика Беньоффа все значения магнитуд  $ML$  землетрясений из каталога переводили в значения энергетического класса  $Kp$  (по номограмме Раутиан). Перевод осуществляли с помощью формулы, предложенной В.Д. Феофилактовым [11] в виде

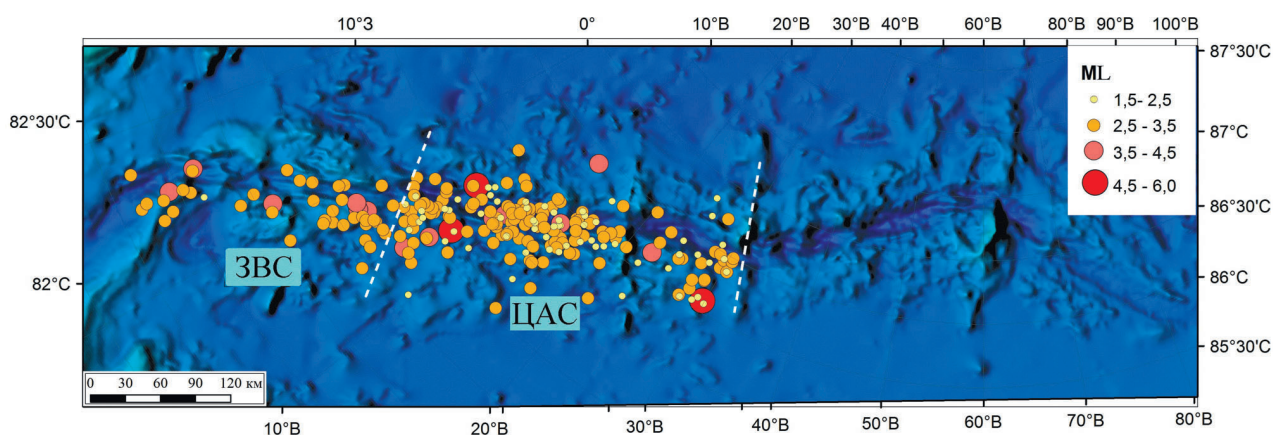
$$Kp = 1,84ML + 3,51.$$

В дальнейшем значения энергетического класса переводили в значения энергии ( $E$ , Дж) по стандартной формуле:

$$E = 10^{Kp}.$$

**Результаты и обсуждение.** За период с декабря 2011 по октябрь 2014 года в пределах всего хребта Гаккеля было зарегистрировано 384 землетрясения с магнитудой  $ML$  от 1,5 до 5,7 (рис. 1).

<sup>2</sup>GEOFON. URL: <http://geofon.gfz-potsdam.de/geofon/> (дата обращения: 18.11.2015).

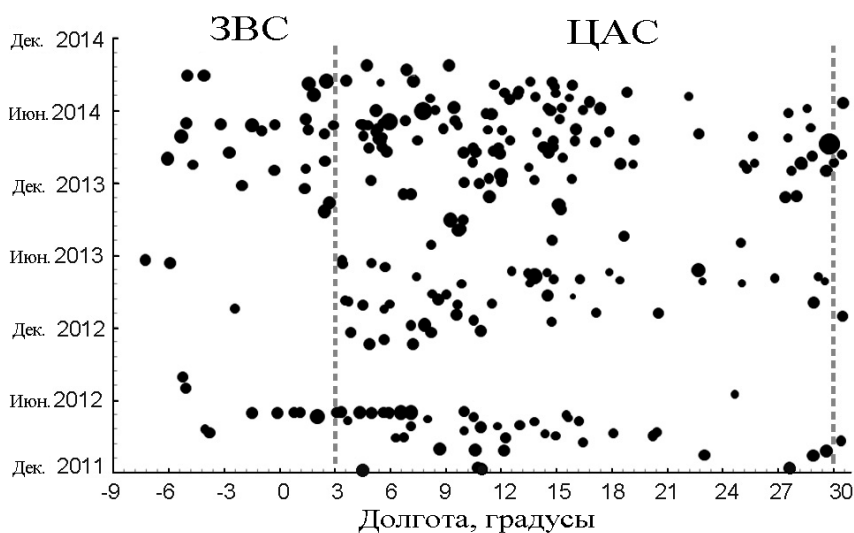


**Рис. 1.** Распределение землетрясений в пределах ЗВС и ЦАС хребта Гаккеля в период с декабря 2011 по октябрь 2014 года (локация землетрясений производилась на основе данных сейсмической станции ZFI и станций, функционирующих на архипелаге Шпицберген)

В пределах ЗВС и ЦАС зарегистрировано 256 землетрясений в том же магнитудном диапазоне. При этом около 70 % землетрясений имеют магнитуду до 3,0.

Эпицентры землетрясений распределены вдоль хребта неравномерно (рис. 2). Наибольшее число эпицентров приурочено к ЦАС, а

именно к району, ограниченному координатами от 1,5° з.д. до 19,0° в.д. На этот район приходится до 75 % всех зарегистрированных землетрясений. Левая граница района совпадает с границей перехода зон ЗВС и ЦАС, правая – с расположением в ЦАС единственного крупного вулканического центра. Далее вдоль хребта



**Рис. 2.** Пространственно-временное распределение эпицентров землетрясений в пределах западной части хребта Гаккеля

(до  $26^\circ$  в.д.) землетрясений происходило мало и только с  $26^\circ$  в.д. количество эпицентров зарегистрированных землетрясений начинает снова возрастать.

Приуроченность большинства землетрясений к сегменту ЦАС может быть объяснена тем, что спрединг этого сегмента амагматичен. В пределах сегмента толщина коры минимальна и температура мантии понижена. В структурообразовании этой части хребта преобладают тектонические, а не магматические и метаморфические процессы [3]. Однако для сильных землетрясений ( $m_b > 4,5$ ) за весь период наблюдений [9] приуроченность их эпицентров к району от  $1,5^\circ$  з.д. до  $19,0^\circ$  в.д. не выявляется.

В пределах ЗВС землетрясений было зарегистрировано меньше, чем в ЦАС ( $N = 26$ ). Можно выделить район, ограниченный координатами от  $6^\circ$  до  $3^\circ$  з.д., к которому приурочена основная часть эпицентров.

Землетрясения в пределах хребта Гаккеля регистрировались неравномерно во времени. В летние месяцы (с июля по сентябрь) уменьшение количества зарегистрированных землетрясений связано с сезонными вариациями чувствительности сейсмической станции ZF1. Однако этим нельзя объяснить практически

полное отсутствие землетрясений с мая по октябрь 2012 года в пределах всей длины сегментов ЗВС и ЦАС. Возможно, в данный период мы имеем дело с сейсмическим затишьем, которое наступило после большой серии землетрясений в апреле 2012 года. В этот месяц было зарегистрировано 39 землетрясений, а в районе с координатами от  $1,5^\circ$  з.д. до  $7,0^\circ$  в.д. за 2 дня произошло 13 землетрясений. Причем для сегмента ЗВС период затишья длился весь последующий год – до ноября 2013 года.

Оценка выделившейся сейсмической энергии при землетрясениях осуществляется путем построения графика Г. Беньоффа [12]. График характеризует распределение во времени выделившейся энергии для сейсмических последовательностей, которое напрямую связано с напряженно-деформированным состоянием среды и отражает процесс разрядки напряжений в сейсмоактивной области.

График Беньоффа строится для всех землетрясений как зависимость суммарной выделившейся сейсмической энергии при землетрясениях от времени. Для хребта Гаккеля график Беньоффа, составленный для землетрясений, произошедших с 2011 по 2014 год, представлен на рис. 3.

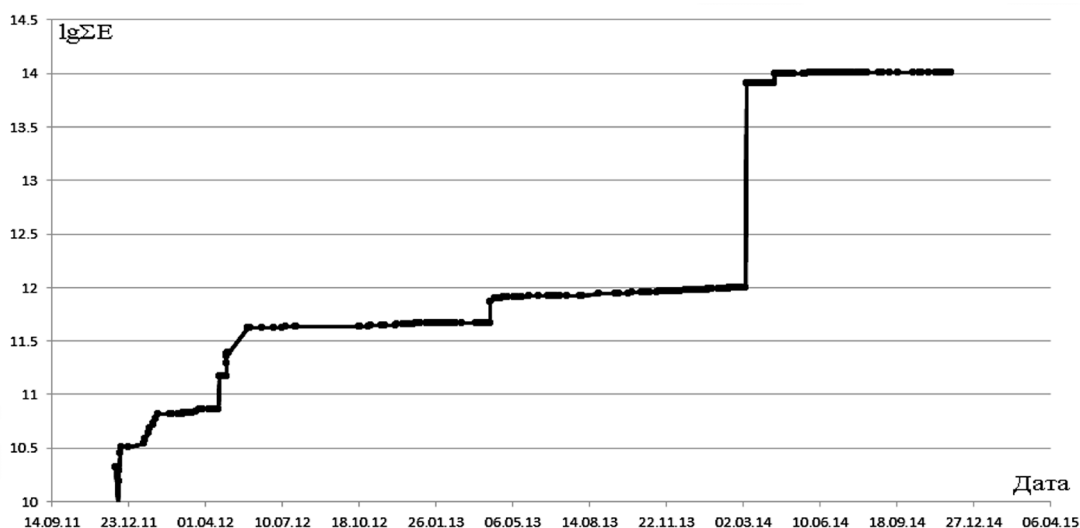


Рис. 3. График Беньоффа, составленный для землетрясений западной части хребта Гаккеля за период с 2011 по 2014 год



Построенный график иллюстрирует периоды стабилизации и периоды скачкообразных высвобождений энергии. В апреле 2012 года наблюдался период сейсмической активизации, который продолжился периодом (около года) стабилизации высвобождения энергии. В мае 2013 года произошло очередное скачкообразное высвобождение энергии, за которым также последовал период стабилизации (около года) до 6 марта 2014 года, когда произошло землетрясение с магнитудой 5,6. Таким образом, можно условно говорить о периоде стабилизации высвобождения энергии длительностью около года (условно, т. к. для однозначного выделения периодов необходимо накопление данных за более длительное время).

На основе зарегистрированных землетрясений в пределах хребта Гаккеля мы построили кумулятивные графики повторяемости землетрясений, а для линейных участков графиков вычислили их параметры (см. таблицу). Физически значимым является значение угла наклона графика повторяемости, которое характеризует соотношение количества сильных землетрясений к слабым. В работе [4] приводится значение угла наклона равное 0,83 для западной части хребта Гаккеля, вычисленное по данным сильных землетрясений за весь период инструментальных наблюдений. Полученные нами значения угла наклона за 2012, 2013 и 2014 годы отличаются от среднего значения, указанного в работе [4], т. к. построены для узкого диапазона значений магнитуд. Од-

нако можно сравнивать значения угла наклона между собой, поскольку они построены практически для одинаковых диапазонов магнитуд.

В 2012 и 2013 годы значения угла наклона практически одинаковы, что говорит об однотипности хода сейсмического процесса, но в 2014 году значение возросло, что свидетельствует об изменении хода сейсмического процесса. Таким образом, из наших вычислений видно, что в пределах западной части хребта Гаккеля сейсмический процесс протекает не равномерно во времени.

**Выводы.** Анализ слабой сейсмичности западной части хребта Гаккеля путем вычисления параметров сейсмического режима и их вариаций показал неравномерность ее проявления в пространстве и во времени. В частности, были получены следующие результаты:

– хребет Гаккеля, несмотря на самую низкую скорость спрединга среди СОХ, сейсмически активен. Эпицентры зарегистрированных землетрясений в пределах западной части хребта (до 30° в.д.) распределены неравномерно. Наибольшее число эпицентров приурочено к ЦАС, а именно к району, ограниченному координатами от 1,5° з.д. до 19,0° в.д. Приуроченность большинства землетрясений к сегменту ЦАС может быть объяснена тем, что спрединг этого сегмента амагматичен. В структурообразовании данной части хребта преобладают тектонические, а не магматические и метаморфические процессы. Исключением является район расположения единственного вулкани-

#### ПАРАМЕТРЫ КУМУЛЯТИВНОГО ГРАФИКА ПОВТОРЯЕМОСТИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ ХРЕБТА ГАККЕЛЯ В 2012–2014 ГОДАХ

Период	Интервал магнитуд	Уравнение графика повторяемости	Абсолютная $\sigma_{y/x}$ и относительная $\delta_{y/x}$ погрешность	Коэффициент корреляции $R$
2012	3,0–4,0	$\lg N = 5,31 - 1,25ML$	$\sigma_{y/x} = 0,05;$ $\delta_{y/x} = 5,09 \%$	0,99
2013	2,8–3,9	$\lg N = 5,22 - 1,26ML$	$\sigma_{y/x} = 0,03;$ $\delta_{y/x} = 3,15 \%$	0,99
2014	2,8–4,0	$\lg N = 5,79 - 1,39ML$	$\sigma_{y/x} = 0,05;$ $\delta_{y/x} = 5,66 \%$	0,99

ческого центра (19° в.д.) в ЦАС, в пределах которого практически отсутствует сейсмичность;

– землетрясения в пределах западной части хребта Гаккеля регистрировались неравномерно во времени. Выявлено наличие периодов затишья и активизации сейсмичности, не связанных с сезонностью. С мая по октябрь 2012 года в пределах всей длины сегментов ЗВС и ЦАС наблюдалось практически полное отсутствие землетрясений. Затишье наступило после активизации сейсмичности в апреле 2012 года. Причем для сегмента ЗВС период затишья длился весь последующий год – до ноября 2013 года;

– построенный график Беньоффа позволил выявить тенденции высвобождения сейсмической энергии в пределах хребта Гаккеля во времени. Условно можно выделить период стабилизации высвобождения сейсмической энергии длительностью 1 год, но для однозначного выделения периодов необходимо накопление данных за более длительное время;

– вычисленные значения угла наклона графика повторяемости за 2012–2014 годы также указывают на неравномерность проявления слабой сейсмичности во времени.

### Список литературы

1. Cochran J.R., Kurras G.J., Edwards M.H., Coakley B. The Gakkel Ridge: Bathymetry, Gravity Anomalies and Crustal Accretion at Extremely Slow Spreading Rates // *Journal of Geophysics*. 2003. V. 108. P. 2116–2137.
2. Michael P.J., Langmuir C.H., Dick H.J.B., Snow J.E., Goldstein S.L., Graham D.W., Lehnert K., Kurras G., Jokat W., Mühe R., Edmonds H.N. Magmatic and Amagmatic Seafloor Generation at the Ultraslow-Spreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean // *Nature*. 2003. № 423. P. 956–961.
3. Дубинин Е.П., Кохан А.В., Суцневская Н.М. Тектоника и магматизм ультрамедленных спрединговых хребтов // *Геотектоника*. 2013. № 3. С. 3–30.
4. Engen O., Eldholm O., Bungum H. The Arctic Plate Boundary // *Journal of Geophysical Research*. 2003. V. 108. № B2. P. 5.1–5.17.
5. Гуревич Н.И., Астафурова Е.Г., Глебовский В.Ю., Абельская А.А. Некоторые особенности аккреции коры у оси западной части ультранизкоскоростного хребта Гаккеля, Северный Ледовитый океан // *Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона*. 2004. Вып. 5. С. 87–97.
6. Fujita K., Cook D.B., Hasegawa H., Forsyth D., Wetmiller R. Seismicity and Focal Mechanisms of the Arctic Region and the North American Plate Boundary in Asia // *The Arctic Ocean Region*. Boulder, 1990. P. 91–112.
7. Аветисов Г.П. Сейсмоактивные зоны Арктики. СПб., 1996. 186 с.
8. Аветисов Г.П., Зинченко А.Г., Мусатов Е.Е., Пискарев А.Л. Сейсмическое районирование Арктического региона // *Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология*. СПб., 2002. С. 162–175.
9. Schlindwein V., Demuth A., Korger E., Läderach C., Schmid F. Seismicity of the Arctic Mid-Ocean Ridge System // *Polar Science*. 2015. V. 9(1). P. 146–157.
10. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // *Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы 1-й Междунар. сейсмол. шк., посвящ. 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург»*. Обнинск, 2006. С. 77–83.
11. Габсатарова И.П. Внедрение в рутинную практику подразделений Геофизической службы РАН процедуры вычисления локальной магнитуды // *Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы 1-й Междунар. сейсмол. шк., посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург»*. Обнинск, 2006. С. 49–53.
12. Беньофф Г. Накопление и высвобождение деформаций по наблюдениям сильных землетрясений // *Слабые землетрясения*. М., 1961, С. 199–210.

## References

1. Cochran J.R., Kurras G.J., Edwards M.H., Coakley B. The Gakkel Ridge: Bathymetry, Gravity Anomalies and Crustal Accretion at Extremely Slow Spreading Rates. *Journal of Geophysics*, 2003, vol. 108, pp. 2116–2137.
2. Michael P.J., Langmuir C.H., Dick H.J.B., Snow J.E., Goldstein S.L., Graham D.W., Lehnert K., Kurras G., Jokat W., Mühe R., Edmonds H.N. Magmatic and Amagmatic Seafloor Generation at the Ultraslow-Spreading Gakkel Ridge, Arctic Ocean. *Nature*, 2003, no. 423, pp. 956–961.
3. Dubinin E.P., Kokhan A.V., Sushchevskaya N.M. Tektonika i magmatizm ul'tramedlennykh spredingovykh khrbtov [Tectonics and Magmatism of Ultra Spreading Ridges]. *Geotektonika* [Geotectonics], 2013, no. 3, pp. 3–30.
4. Engen O., Eldholm O., Bungum H. The Arctic Plate Boundary. *Journal of Geophysical Research*, 2003, vol. 108, no. B2, pp. 5.1–5.17.
5. Gurevich N.I., Astafurova E.G., Glebovskiy V.Yu., Abel'skaya A.A. Nekotorye osobennosti akkretsii kory u osi zapadnoy chasti ul'tranizkoskorostnogo khrbta Gakkelya, Severnyy Ledovityy okean [Some Features of Crustal Accretion at the Axis of the Western Part of Extra-Low-Speed Gakkel Ridge, the Arctic Ocean]. *Geologo-geofizicheskie kharakteristiki litosfery Arkticheskogo regiona* [Geological-Geophysical Features of the Lithosphere of the Arctic Region], 2004, no. 5, pp. 87–97.
6. Fujita K., Cook D.B., Hasegawa H., Forsyth D., Wetmiller R. Seismicity and Focal Mechanisms of the Arctic Region and the North American Plate Boundary in Asia. *The Arctic Ocean Region*. Ed. by A. Grantz, L. Johnson, J.F. Sweeney. Boulder, 1990, pp. 91–112.
7. Avetisov G.P. *Seysmoaktivnye zony Arktiki* [Seismically Active Areas of the Arctic]. St. Petersburg, 1996. 186 p.
8. Avetisov G.P., Zinchenko A.G., Musatov E.E., Piskarev A.L. Seysmicheskoe rayonirovanie Arkticheskogo regiona [Seismic Zoning of Arctic]. *Rossiyskaya Arktika: geologicheskaya istoriya, minerageniya, geoekologiya* [Russian Arctic: Geological History, Minerageny, Geo-Ecology]. St. Petersburg, 2002, pp. 162–175.
9. Schlindwein V., Demuth A., Korger E., Läderach C., Schmid F. Seismicity of the Arctic Mid-Ocean Ridge System. *Polar Science*, 2015, vol. 9(1), pp. 146–157.
10. Krasilov S.A., Kolomiets M.V., Akimov A.P. Organizatsiya protsessa obrabotki tsifrovyykh seysmicheskikh dannykh s ispol'zovaniem programmnoy kompleksa WSG [Organization of Digital Seismic Data Processing Using a Software Package WSG]. *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seysmologicheskikh dannykh: materialy 1-y Mezhdunar. seysmol. shk., posvyashchennoy 100-letiyu otkrytiya seysmicheskikh stantsiy "Pulkovo" i "Ekaterinburg"* [Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismic Data: Proc. 1st Intern. Seysmol. School, Dedicated to the 100th Anniversary of the Foundation of the Seismic Stations "Pulkovo" and "Yekaterinburg"]. Obninsk, 2006, pp. 77–83.
11. Gabsatarova I.P. Vnedrenie v rutinnuyu praktiku podrazdeleniy Geofizicheskoy sluzhby RAN protsedury vychisleniya lokal'noy magnitudy [The Introduction the Procedures for Calculating the Local Magnitude into the Routine Practice of Geophysical Survey Departments of the RAS]. *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seysmologicheskikh dannykh: materialy 1-y Mezhdunar. seysmol. shk., posvyashchennoy 100-letiyu otkrytiya seysmicheskikh stantsiy "Pulkovo" i "Ekaterinburg"* [Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismic Data: Proc. 1st Intern. Seysmol. School, Dedicated to the 100th Anniversary of the Foundation of the Seismic Stations "Pulkovo" and "Yekaterinburg"]. Obninsk, 2006, pp. 49–53.
12. Ben'off G. Nakoplenie i vysvobozhdenie deformatsiy po nablyudeniym sil'nykh zemletryaseniy [Accumulation and Release of Strain According to the Observations of Strong Earthquakes]. *Slabye zemletryaseniya* [Small Earthquakes]. Moscow, 1961, pp. 199–210.



***Mikhaylova Yana Aleksandrovna***

Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;  
*e-mail*: mikhailovayana@gmail.com

***Morozov Aleksey Nikolaevich***

Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;  
*e-mail*: morozovalexey@yandex.ru

***Fedorenko Irina Valentinovna***

Institute of Ecological Problems of the North, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000, Russian Federation;  
*e-mail*: fedorenko.irina.v@yandex.ru

#### **MODERN WEAK SEISMICITY OF THE WESTERN PART OF THE MID-ARCTIC GAKKEL RIDGE**

At the present time there are detailed bathymetric, gravimetric, magnetometric, petrological, and seismic ( $m_b > 4$ ) data for the Gakkel Ridge. However, so far not enough information has been obtained on the distribution of small-magnitude earthquakes (or microearthquakes) within the ridge area due to the absence of a suitable observation system. With the ZFI seismic station ( $80.8^\circ\text{N}$ ,  $47.7^\circ\text{E}$ ), operating since 2011 at the Frantz Josef Land Archipelago, we can now register small-magnitude earthquakes of 1.5 ML and more within the Gakkel Ridge area. This article elaborates on the results and analysis of the ZFI station seismic monitoring obtained within the area of the ridge between  $6^\circ\text{W}$  and  $30^\circ\text{E}$  for the period from December 2011 to October 2014. We have calculated the parameters of the seismic setting and their variations. The Gakkel Ridge is seismically active, regardless of the lowest spreading velocity among the global mid-ocean ridges. Earthquakes within the Gakkel Ridge were registered unevenly in time and space. Quiet periods alternated with the periods of higher seismic activity. The largest number of earthquake epicenters are assigned to the Sparsely Magmatic Zone, the area between  $1.5^\circ\text{E}$  and  $19.0^\circ\text{E}$ . The Benioff graph allowed us to reveal trends in release of seismic energy within the Gakkel ridge in time. In the first approximation we can highlight the stabilization period of seismic energy release of one year duration. The dip calculations of cumulative recurrence curve for the period from 2012 to 2014 also indicate the uneven existence of weak seismicity in time.

***Keywords:*** Gakkel ridge, seismicity, seismic setting.