

РЕСПУБЛИКА КОМИ И КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Н.Н. Носкова

Институт геологии им. ак. Н.П. Юшкина Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, noskova@geo.komisc.ru

Аннотация. В 2012 г. на территории Республики Коми функционировали две сейсмические станции – в г. Сыктывкаре (SYK) и с. Грива (GRV). Кроме сейсмических записей этих станций в обработку привлекались данные сейсмических станций Урала («Кунгур», «Власы»), Архангельской сейсмической сети («Амдерма»), Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН (Апатитская группа – АРА0), ФИЦ ЕГС РАН («Романово», «Пермогорье», «Климовская»), а также сейсмических групп норвежской сети NORSAR (АРА0, SPA0). Республика Коми характеризуется слабыми и редко возникающими землетрясениями, которые преимущественно локализованы на юге республики и приурочены к северо-восточной части Волго-Уральской антеклизы Русской плиты. Но в данной статье представлены результаты инструментальной обработки землетрясения 24 декабря 2012 г. на севере Республики Коми: время в очаге $t_0=06^h22^m39^s$, координаты 66.768°N , 64.360°E , очаг расположен на глубине $h=11$ км, магнитуда $M_s=3.2$. Данное событие зафиксировало большое количество сейсмических станций по всему миру, и получены решения в ряде сейсмологических центров. Зарегистрированное инструментально землетрясение на Полярном Урале, в зоне выхода на поверхность сутуры Главного Уральского надвига, является верхнекоровым и может быть обусловлено смещением по ранее заложенным аллохтонным пластинам тектонических покровов Урала.

Abstract. Two seismic stations operated in the Republic of Komi in 2012 – in Syktyvkar (SYK) and Griva (GRV). Mane (GRV). The data of the seismic stations of the Urals («Kungur», «Vlasy»), the Arkhangelsk seismic network («Amderma»), the Kola Branch of the FRC RAS GS(APA0), the FRC RAS GS («Romanovo», «Permogorye», «Klimovskaya»), as well as seismic groups of the Norwegian network NORSAR (ARA0, SPA0) are involved in the processing in addition to the seismic records of these stations. The Republic of Komi is characterized by weak and rare earthquakes, which are mainly localized in the south of the republic and are confined to the northeastern part of the Volga-Urals anteclise of the Russian plate. The results of instrumental processing of the earthquake on December 24, 2012 in the north of the Republic of Komi are presented: the time at the source $t_0=06^h22^m39^s$, coordinates 66.768°N , 64.360°E , the focus is located at a depth of $h=11$ km, the magnitude $M_s=3.2$. This event recorded a large number of seismic stations around the world and solutions were obtained in a number of seismological centers. The instrumentally registered earthquake in the Polar Urals, in the zone of emergence on the surface of the suture of the Main Ural thrust, is the Upper Cretaceous and can be caused by a shift along the previously laid allochthonous plates of the tectonic coverings of the Urals.

Республика Коми характеризуется слабыми и редко возникающими землетрясениями, которые преимущественно локализованы на юге республики и приурочены к северо-восточной части Волго-Уральской антеклизы Русской плиты [1–3]. В данной статье представлены результаты инструментальной обработки землетрясения 2012 г., произошедшего на севере Республики Коми, на Полярном Урале.

Сейсмические станции Республики Коми. В 2012 г. на территории Республики Коми функционировали две сейсмические станции ИГ Коми НЦ УрО РАН – в г. Сыктывкаре (SYK) и с. Грива (GRV) (табл. 1) [4], оснащенные регистраторами типа SDAS [5]. Станции работали в комплекте с короткопериодными (0.1–20 Гц) сейсмометрами СМ-3-КВ.

Таблица 1. Цифровые сейсмические станции Института геологии Коми НЦ УрО РАН в 2012 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Тип грунтов
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	$h, \text{м}$	
		межд.	рег.					
1	Сыктывкар	SYKR	SYK	01.03.1996	61.6464	50.7325	159	Пески, глины, суглинки, супеси
2	Грива		GRV	03.03.2011	60.5773	50.7810	184	Пески, суглинки, супеси

Сейсмические станции прилегающих районов. Кроме сейсмических записей станции «Сыктывкар» в обработку привлекались данные сейсмических станций Урала («Кунгур» –

PR3R, «Власы» – PR4R), Архангельской сейсмической сети («Амдерма» – AMDE), Кольского филиала ЕГС РАН (Апатитская группа – АРА0), Федерального исследовательского центра единой геофизической службы РАН («Романово» – PR1R, «Пермогорье» – PRGR, «Климовская» – KLMR), а также сейсмических групп норвежской сети NORSAR (АРА0, SPA0). Названия, коды и координаты всех использовавшихся внешних станций приведены в табл. 2.

Таблица 2. Сведения о внешних цифровых станциях, данные которых использованы в настоящей работе

№	Сейсмическая станция		Дата открытия	Координаты		Высота над уровнем моря, м	Код сети	
	Название	Код		φ°, N	λ°, E			
		межд.						рег.
1	Амдерма	AMDE	AMD	01.11.2010	69.7607	61.6782	48	FCIAR
2	Пермогорье	PRGR	PRGR	27.11.2003	61.638	45.627	84	OBGSR
3	Климовская	KLMR	KLM	25.11.2003	60.854	39.519	157	OBGSR
4	Романово	PR1R	PR1R	18.08.2000	59.185	56.745	159	OBGSR
5	Кунгур	PR3R	PR3	03.04.2003	57.444	57.006	116	MIRAS
6	Власы	PR4R	PR4R	31.03.2006	57.914	55.678	144	MIRAS
7	Апатитская группа	АРА0	АРА0	01.10.1992	67.606	32.992	240	KOGSR
8	ARCESS Array Site A0	АРА0			69.5349	25.5059	403	NORSAR
9	Spitsbergen Array Site A0	SPA0			78.1777	16.3700	323	NORSAR

Примечание. OBGSR – Центральное отделение (ЦО) Федерального исследовательского центра единой геофизической службы (ФИЦ ЕГС) РАН; FCIAR – Архангельская сейсмическая сеть; MIRAS – Горный институт УрО РАН; KOGSR – Кольский филиал Федерального исследовательского центра единой геофизической службы (КоФ ФИЦ ЕГС РАН), NORSAR – норвежская сеть.

Методика обработки. Обработка записей сейсмических событий выполнялась в программном комплексе WSG (разработка Геофизической службы РАН и ООО «НПП Геотех+») [6] с использованием годографа для Восточно-Европейского кратона [7]. В 2012 г., согласно региональному каталогу [8], зарегистрировано лишь одно землетрясение 24 декабря, показанное на рис. 1.

Для него было проведено уточнение координат эпицентра по программе NAS разработки к.ф.-м.н. В. Э. Асминга, которая, в свою очередь, является подпрограммой системы NSDL [9], предназначенной для организации автоматического мониторинга сейсмической активности. Также использовался годограф для Восточно-Европейского кратона [7], дополненный глубокими слоями модели АК-135 [10].

Рис. 1. Эпицентр землетрясения 24 декабря 2012 г. и станции, участвующие в обработке

1 – инструментальный эпицентр; 2–7 сейсмические станции: 2 – ИГ Коми НЦ УрО РАН; 3 – ФИЦ ЕГС РАН (Обнинск); 4 – Архангельской сейсмической сети FCIAR; 5 – сети Горного института УрО РАН (Пермь); 6 – КоФ ФИЦ ЕГС РАН (Апатиты); 7 – сети NORSAR; 8 – граница Республики Коми; 9 – граница соседних территорий.



Характеристика инструментальных данных. 24 декабря 2012 г. на севере Республики Коми, южнее г. Воркуты, под аллохтонным горным массивом Пайер произошло сейсмическое событие (рис. 1). В его обработке использовались записи сейсмической станции «Сыктывкар» (SYKR) Республики Коми и девяти внешних сейсмических станций: «Амдерма»-AMDE Архангельской сейсмической сети; «Климовская»-KLMR, «Пермогорье»-PRGR – ФИЦ ЕГС РАН; «Кунгур»-PR3R, «Власы»-PR4R – Горного института УрО РАН; «Романово»-PR1R – ФИЦ ЕГС РАН; «Апатитский ARRAY»-ARA0 – КоФ ФИЦ ЕГС РАН, а также записи норвежских групп «ARCESS Array»-ARA0 и «Spitsbergen Array»-SPA0. Ближайшая к эпицентру – сейсмическая станция «Амдерма» с $\Delta=3.2^\circ$, самая удаленная – норвежская SPA0 с $\Delta=17.7^\circ$. Азимутальное окружение неравномерное $203.6\text{--}342.9^\circ$ (рис. 1). На рис. 2 представлены записи землетрясения 24 декабря 2012 г.

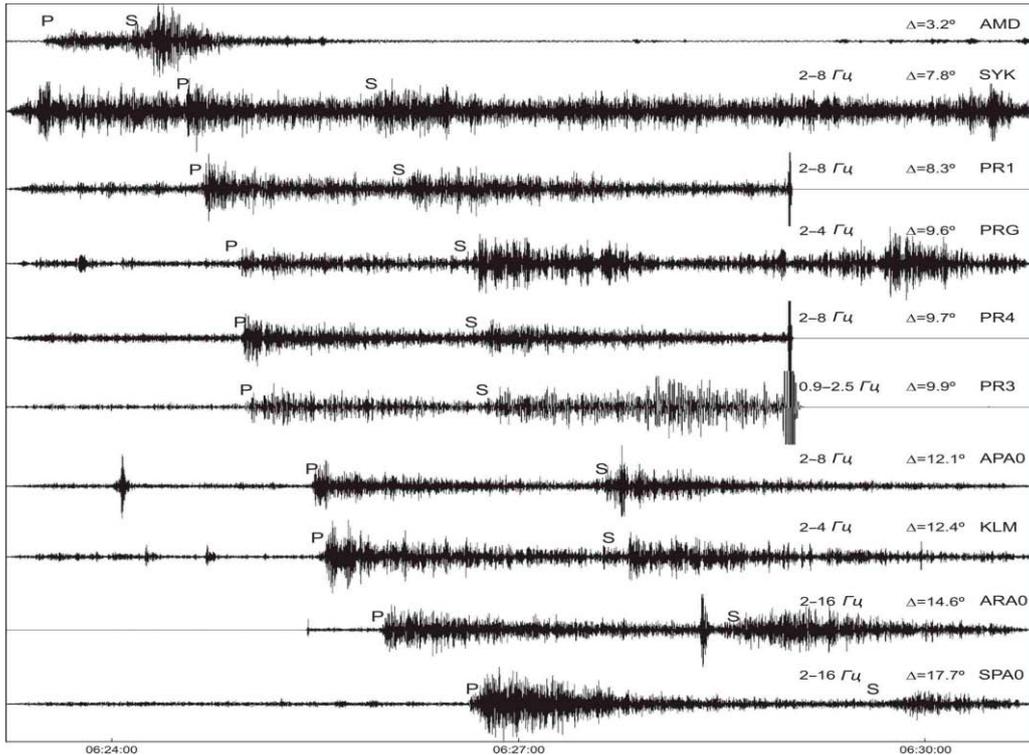


Рис. 2. Фрагменты записей вертикальной компоненты землетрясения 24 декабря 2012 г., расположенные по времени прихода первой фазы

Рассчитанные параметры землетрясения: время в очаге $t_0=06^h22^m39^s$ (UTS), координаты 66.768° N, 64.360° E, очаг расположен на глубине $h=11$ км, магнитуда $M_s=3.2$. Данное событие зафиксировало большое количество сейсмических станций по всему миру получены решения в ряде сейсмологических центров (табл. 3). На сайте Международного сейсмологического центра [11] представлен бюллетень землетрясения 24 декабря более чем по 80 станциям со всего мира с эпицентрными расстояниями от 3.25° (D_{\min}) до 83.86° (D_{\max}) и азимутальным окружением $9\text{--}359^\circ$. Наибольший азимутальный створ между станциями (Gap) – 47° . Число используемых фаз – 174.

Таблица 3. Параметры землетрясения 24 декабря 2012 г. в 06^h22^m по данным различных сейсмологических центров

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	
ИГ Коми НЦ УрО РАН [7, 12]	06 22 39	0.9	66.768		64.360		11	$M_s=3.2$
NAS, уточнение	06 22 38.9		66.7989	0.07	64.2751	0.11		
ЕГС РАН (OBGSR) [13]	06 22 34.2	0.9	66.68	0.08	64.21	0.12	2	$M_s=3.4$
Архангельская сейсмическая сеть (FCIAR) [14]	06 22 39.1		66.47		64.73		10	$M_L=3.8$

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр					Магнитуда
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	
ISC [11] http://www.isc.ac.uk	06 22 40.88	0.39	66.6245	0.06	63.7543	0.05	35f	$M_S=(3.1\pm 0.1)/6$ $m_b=(4.0\pm 0.2)/27$
ISCJB [11] http://www.isc.ac.uk	06 22 38.87	0.26	66.6487	0.04	64.0019	0.03	33f	
IDC [11] http://www.isc.ac.uk	06 22 36.80	0.62	66.8133	0.12	64.4027	0.08	0f	$M_L=(3.9\pm 0.2)/7$ $M_S=3.2/4$ $m_b=(3.8\pm 0.1)/16$
NNC [11] http://www.isc.ac.uk	06 22 49.02	6.22	66.1763	0.38	64.2736	0.29	60.2	$K_p=9.8$, $m_b=4.0$
NEIC [11] http://www.isc.ac.uk	06 22 36	0.31	66.88	0.06	64.29	0.04	10f	$m_b=4.1/9$
EMSC [15] http://www.orfeus-eu.org	06 22 34		66.94		64.50		2.0	$m_b=3.9$
NORSAR [16] http://www.norsardata.no	06 22 39.15	0.48	66.938		63.952			3.48

Примечание. f – фиксированная глубина; расшифровка кодов агентств дана в условных обозначениях к настоящему ежегоднику.

Землетрясение 24 декабря было переложено по программе NAS [9]. К имеющимся данным 10 станций добавлены вступления P - и S -волн еще 34 станций из бюллетеня ISC [11]. Таким образом, расчет производился по 71 сейсмической фазе 44 сейсмических станций: «Амдерма» (AMDE), «Сыктывкар» (SYKR), «Романово» (PR1R), «Пермогорье» (PRG), «Власы» (PR4R), «Кунгур» (PR3R), «Свердловск» (SVE), «Арти» (ARU), «Ловозеро» (LVZ), «Апатитский ARRAY» (APA0), «Климовская» (KLMR), «Кево» (KEV), «Боровое» (BRVK), «Боровое ARRAY» (BVAR), «ARCESS Array» (ARCES), ARCESS Array Site E0 (ARE0), «Земля Франца-Иосифа-2» (ZF12), «Залесово Array Site A1» (ZAA1), «Залесово» (ZALV), «Актюбинск» (AKTO), «Tromso» (TRO), «FINESS Array Site A1» (FIA1), «FINESS Array Site A0» (FIA0), «FINESS Array» (FINES), «Обнинск» (OBN), «Актюбинск Array» (AB31), «Курчатов» (KURK), «Spitsbergen Array» (SPA0), «Spitsbergen Array» (SPITS), «Курчатов Array» (KURBB), «Steigen» (STEI), «Галичья Гора» (LPSR), «Ortayu» (OTUK), «Moi Rana» (MOR8), «Konsvik» (KONS), «Сторожевое» (VSR), «Джазатор» (DGZ), «Маканчи» (MAKZ), «Маканчи Array» (MKAR), Hagfors (HFS), «NORSAR Array» (NOA), «NORSAR Array Site 01A01» (NAO01), «Малин Array» (AKASG), «Киев» (KIEV). Расположение сейсмических станций показано на рис. 3. Эпицентральные расстояния составляли от 346 (AMDE) до 2617 км (KIEV). Координаты события, рассчитанные по программе NAS [9], равны $\varphi=66.7989^\circ\text{N}$, $\lambda=64.2751^\circ\text{E}$. Они хорошо согласуются с решениями, полученными в ряде сейсмологических центров (табл. 3, рис. 4).

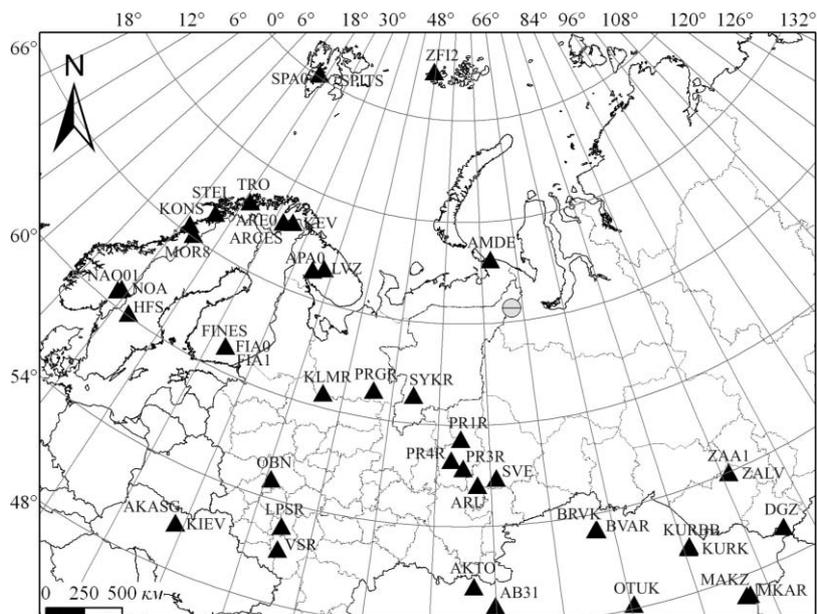


Рис. 3. Схема расположения сейсмических станций, привлекаемых для уточнения параметров события 24 декабря по программе NAS [4]

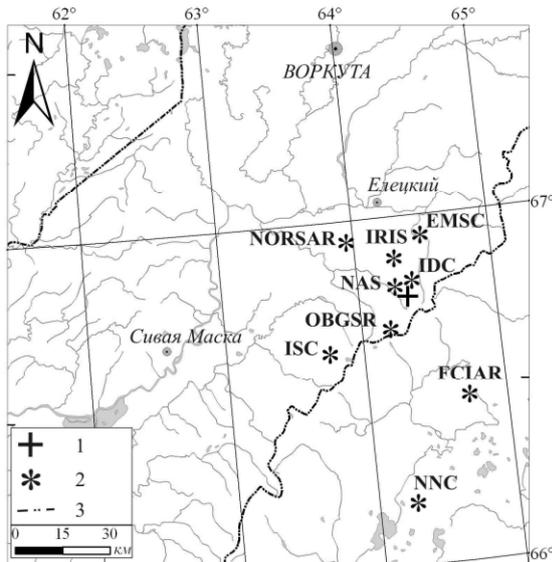


Рис. 4. Разные решения эпицентра землетрясения 24 декабря 2012 г. в 06^h22^m с $K_p=10.6$, $M_s=3.2$

1 – региональный эпицентр; 2 – другие решения; 3 – границы Республики Коми.

Ближайшими населенными пунктами к эпицентру землетрясения 24 декабря 2012 г. являются поселки Елецкий и Сивая Маска, расстояния до эпицентра составили 33 и 80 км соответственно. Были сделаны запросы в эти населенные пункты. Ответы были отрицательные – сейсмическое событие жителями там не ощущалось. Вероятно, это объясняется тем, что поселки представляют собой железнодорожные станции, где постоянно курсируют поезда, тяжелая техника, тем более что землетрясение произошло в понедельник, в рабочее время (10^h22^m по местному времени). Стоит также

учитывать слабую заселенность рассматриваемого района, что усложняло опрос жителей.

Природа землетрясения. Землетрясение 24 декабря 2012 г. произошло в 80 км южнее Воркутинского горнопромышленного узла, поэтому были проведены исследования с целью определения природы данного сейсмического события [14]. Для этого на записях сейсмической станции AMDE использовалась совокупность критериев, разработанных в КоФ ФИЦ ЕГС РАН, и программы В.Э. Асминга [17, 18]. По результатам выполненного анализа событие 24 декабря 2012 г. с большой долей вероятности является тектоническим и его следует рассматривать как природное.

Сеймотектоническая позиция очага. Как отмечено выше, Уральский складчатый пояс характеризуется относительно слабой сейсмичностью и редко возникающими здесь землетрясениями. Подавляющее большинство землетрясений локализованы в пределах средней и южной частей, в так называемой Средне-Уральской области повышенной сейсмичности [19], охватывающей восточную часть Восточно-Европейского кратона и Средне-Уральскую область горно-складчатого пояса. Сведений о природной сейсмичности севера Урала до недавнего времени не было.

Землетрясение 24 декабря произошло под северной частью Войкаро-Сынинского офиолитового аллохтона. Эпицентр расположен в зоне выхода на поверхность сутуры Главного Уральского надвига (рис. 5), сместитель которого полого наклонен на восток.

Согласно сбалансированному геолого-геофизическому профилю «Полярно-Уральский трансект» [21], очаг на глубине 11 км располагается в сместителе Фронтального надвига того же наклона, который выходит на поверхность в 30 км северо-западнее. Зарегистрированное инструментально землетрясение является верхнекоровым и может быть обусловлено смещением по ранее заложенным аллохтонным пластинам тектонических покровов Урала.



Рис. 5. Фрагмент структурно-тектонической карты Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [20] с эпицентром землетрясения 24 декабря 2012 г.

Л и т е р а т у р а

1. **Удоратин В.В., Михайлова Р.С.** Республика Коми за 2001–2005 гг. // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 259–268.
2. **Удоратин В.В., Носкова Н.Н., Французова В.И., Конечная Я.В.** Республика Коми // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 241–247.
3. **Носкова Н.Н., Михайлова Р.С.** Республика Коми и Кировская область // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017 – С. 228–238.
4. **Носкова Н.Н. (сост.).** Сейсмические станции сети Республики Коми в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
5. **Цифровая сейсмическая станция SDAS. Описание и инструкция по эксплуатации.** – Обнинск: ЦОМЭ ГС РАН, 2004.– 94 с.
6. **Акимов А.П., Красилов С.А., Пойгина С.Г.** Система обработки сейсмических данных WSG. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/wsg/WSG/DOC/WSG_adm.doc.
7. **Schuessler W., Morozov I.B., Smithson S.B. 1997.** Crustal and uppermost mantle velocity structure of northern Eurasia along the profile Quartz. Bull. Seismol. Soc. Am. – 1997. – 87. – N 2 – P. 414–426.
8. **Носкова Н.Н. (отв. сост.).** Каталог землетрясений Республики Коми и Кировской области за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
9. **Asming V., Prokudina A.** System for automatic detection and location of seismic events for arbitrary seismic station configuration NSDL // 35th General Assembly of the European Seismological Commission, 4–10 September, 2016.
10. **Kennet B.L.N.** Seismological Tables: ak135 // Research School of earth Sciences Australian national University. – Australia, Canberra, ACT0200. – 2005. – 80 с.
11. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
12. **Носкова Н.Н.** Новые данные о сейсмичности северной части Урала // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2016. – № 3 (255). – С. 3–12.
13. **Габсатарова И.П., Баранов С. В., Голубева И.В. и др.** Каталог землетрясений Восточно-Европейской платформы, Урала и Западной Сибири в 2012 г. с $M \geq 1.3$ // Землетрясения России в 2012 году. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 119–120 с.
14. **Конечная Я.В., Ваганова Н.В., Морозов А.Н., Носкова Н.Н.** Землетрясение на Полярном Урале 24 декабря 2012 года // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Материалы Восьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 179–183.
15. **European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC)** [Сайт]. – URL: <http://www.emsc-csem.org>
16. **Norwegian National Data Center (NORSAR)**, Kjeller, Norway [Сайт]. – URL: <http://www.norsardata.no/NDC/bulletins/gbf/>
17. **Асминг В.Э., Кременецкая Е.О., Виноградов Ю.А., Евтюгина З.А.** Использование критериев идентификации взрывов и землетрясений для уточнения оценки сейсмической опасности региона // Вестник МГТУ. – 2010. – 13. – № 4/2. – С. 998–1007.
18. **Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН** [Сайт]. – URL: <http://www.krsc.ru/defds.htm>
19. **Гуляев А.Н.** Сеймотектоника центральной части Уральского региона // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей: Шестые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича: Материалы конференции. – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – С. 99–102.
20. **Структурно-тектоническая карта Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.** Масштаб 1:1000000 / Редкол.: Богацкий В.И., Головань А.С., Громека В.И., Юдин В.В. (отв. исп.) и др. – М.: Мингео СССР, 1988.
21. **Юдин В.В., Ремизов Д.Н.** Сбалансированная геодинамическая модель по профилю «Полярноуральский трансект» // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVI Геологического съезда Республики Коми. Т. II. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. – С. 77–79.