НОВЫЕ ДАННЫЕ О СЕЙСМИЧНОСТИ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ УРАЛА

Н. Н. Носкова

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар; noskova@geo.komisc.ru

Представлены результаты инструментальной обработки землетрясений 2012–2015 гг. на Северном, Приполярном и Полярном Урале. Сейсмические события приурочены к крупнейшим надвигам уралитов в Западной, Осевой и Восточной структурных зонах. Территория Северного — Полярного Урала характеризуется слабой рассеянной сейсмичностью. Фиксируемые землетрясения являются верхнекоровыми и могут быть обусловлены горизонтальными унаследованными движениями по крупнейшим позднепалеозойским надвигам.

Ключевые слова: землетрясение, магнитуда, слабая сейсмичность, Урал, сутура, надвиги.

NEW DATA ON NORTHERN URALS SEISMICITY

N. N. Noskova

Institute of Geology of Komi SC UB RAS, Syktivkar

We present the results of instrumental data processing of the earthquakes recorded in 2012–2015 in the Northern, Subpolar and Polar Urals. The earthquakes were confined to the Main Ural Fault, to the junction zone of Western, Axial and Eastern structural zones. The territory of the Northern and Polar Urals is characterized by a low-magnitude diffused seismicity. The recorded seismic events in the Urals occurred in the upper crust and could be caused by horizontal movements on the largest Late Paleozoic overthrusts.

Keywords: earthquake, magnitude, low-magnitude seismicity, Urals, suture, overthrust.

Введение

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 Среднеуральской области повышенной сейсмичности [3], охватывающей восточную часть Восточно-Европейского кратона и Среднеуральскую область горно-складчатого пояса. Сведений о природной сейсмичности севера Урала до недавнего времени не было.

Это распределение объясняется различиями в геологическом строении. На Среднем и Южном Урале в районах развития карстовых пустот происходят обвально-карстовые (карстово-провальные) землетрясения. Также концентрация сейсмических событий обусловлена и тем, что по сравнению с северной частью Средний и Южный Урал являются более развитыми горнодобывающими регионами, промышленными центрами, с крупными агломерациями и гораздо большей плотностью населения. Горные работы вызывают интенсивные техногенные процессы, прежде всего различные проявления сейсмичности (наведенная сейсмичность, которая включает в себя возбужденную и триггерную, горно-тектонические удары и т. п.). Техногенная нагрузка северной части Урала гораздо меньше. Слабая сейсмичность здесь обусловлена малой скоростью деформации земной коры на современном этапе.

В статье нами рассматриваются зафиксированные инструментально сейсмические события природного характера — землетрясения, произошедшие на Полярном, Приполярном и Северном Урале 24 декабря 2012 г., 28 января 2014 г., 4 января 2015 г. и 21 марта 2015 г. (рис. 1).

Рис. 1. Фрагмент структурно-тектонической карты Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [9] с эпицентрами уральских землетрясений

Fig. 1. Fragment of structural-tectonic map of Timan-Pechora oil and gas province [8] with epicenters of Ural earthquakes

Материалы и методы исследования

На территории Республики Коми функционируют три сейсмологических пункта Института геологии (ИГ) Коми НЦ УрО РАН — в г. Сыктывкаре (SYK), в с. Грива (GRV) и в с. Пожег Усть-Куломского района (PZG — установлена в декабре 2014 г.) (рис. 2). Станции оснащены регистраторами SDAS и UGRA (ООО «НПП Геотех+», Обнинск совместно с ГС РАН) и короткопериодными сейсмометрами (0.1–20 Гц) CM3-KB с 16-разрядным (SDAS) и 24-разрядным (UGRA) АЦП.

Кроме собственных сейсмических записей в обработку привлекались данные сейсмических станций Пермской, Архангельской сети Геофизической службы (ГС) РАН и Института экологических проблем Севера УрО РАН, Кольского филиала ГС РАН (Апатиты), сейсмической станции Арти (ARU) (международной сети IRIS совместно с ГС РАН, Обнинск), а также финских и норвежских сейсмологических сетей (рис. 2). Станции соседних сейсмологических центров ГС РАН гг. Пермь, Архангельск и Апатиты являются важной составляющей в регистрации землетрясений на территории Республики Коми.

В настоящее время без привлечения сейсмических записей соседних сейсмологических центров расчет координат и параметров эпицентров сейсмических событий невозможен по причинам:

- плохого окружения эпицентров из-за малого количества сеймостанций, недостаточного для определения положения эпицентра и их размещения в южных районах республики;
- низкого соотношения сигнал/помеха, связанного с высоким уровнем техногенных помех в районе установленных сейсмических станций;
- нестабильности работы устаревшей сейсмической аппаратуры.

Обработка записей сейсмических событий выполнялась в программном комплексе WSG (разработка Геофизической службы РАН и ООО «НПП Геотех+») с использованием годографа для Восточно-Европейского крата по данным Международного центра данных СТВО IDC (Австрия) [16–24], по методике, принятой в ГС РАН. Нами также проводились расчеты по годографу для Восточно-Европейского крата по данным Ю.К. Шукина [7, 13]. Стоит отметить практически полную сходимость координат эпицентров уральских землетрясений, рассчитанные по этим двум годографам, разница в локации эпицентра составляет 12 км. По годографу Ю. К. Шукина гипоцентры исследуемых событий располагаются на глубине 5 км.

Результаты

24 декабря 2012 г. на севере Республики Коми, южнее г. Воркуты, под аллохтонным горным массивом Пайер произошло сейсмическое событие (рис. 1). В обработке землетрясения использовались записи сейсмических станций ГС РАН: Архангельской сети — AMD (Амдерма), KLM (Климовская), PRG (Пермогорье), Пермской сети — PR1 (Романово), PR3 (Кунгур), PR4 (Власы), Кольского Филиала (КФ) ГС РАН — APA0 (Апатитский ARRAY), а также записи норвежских станций ARA0 (ARCESS Array) и SPA0 (Spitsbergen Array, Norway) и сеймостанции Сыктывкар (SYK). Ближайшая к эпицентру сеймостанция — AMD (3.2°), самая удаленная — Spitsbergen Array (17.7°). На рис. 3 представлены записи землетрясения 24 декабря 2012 г. различными сейсмологическими станциями.

Рис. 2. Расположение сеймостанций, привлекаемых для обработки сейсмических событий

Fig. 2. Location of seismic stations involved in the processing of seismic events

Параметры землетрясения, рассчитанные нами: время в очаге (t_0) 06^h22^m39^s, координаты 66.768N, 64.360E, очаг расположен на глубине $h=11$ км, магнитуда $M_s=3.7$. Данное событие зафиксировано большим количеством сеймостанций по всему миру и были получены решения в ряде сейсмологических центров (табл. 1). На сайте Международного сейсмологического центра (ISC, Англия) [25] 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 9–359°. Максимальная азимутальная брешь (Gap) составила 47°. Число используемых фаз — 174.

Ближайшими населенными пунктами к эпицентру землетрясения 24 декабря 2012 г. являются поселки Сивая Маска и Елецкий, расстояния до эпицентра составили 80 и 33 км соответственно. Нами были сделаны запросы в эти населенные пункты. Макросейсмическое обследование показало, что 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 (10:22:39 по местному времени). Стоит также учитывать слабую заселенность рассматриваемого района, что усложняло опрос жителей.

Рис. 3. Фрагменты записей вертикальной компоненты землетрясения 24 декабря 2012 г., расположенные по времени прихода первой фазы

Fig. 3. Fragments of records with vertical component of earthquake on December 24, 2012, located at the time of arrival of the first phase

Землетрясение 24 декабря 2012 г. произошло в 80 км южнее Воркутинского горно-промышленного узла, поэтому были проведены исследования с целью определения природы данного сейсмического события [6]. Для этого на записях сейсмической станции AMD использовалась совокупность критериев, разработанных в Кольском филиале ГС РАН (Апатиты) и программное обеспечение В. Э. Асминга [1, 5]. По результатам выполненного анализа, событие 24 декабря 2012 г. с большой долей вероятности является тектоническим и его следует рассматривать как природное.

Землетрясение 24 декабря произошло под северной частью Войкаро-Сынинского офиолитового аллохтона. Эпицентр расположен в зоне выхода на поверхность сутуры Главного Уральского надвига (рис. 1), сместитель которого полого наклонен на восток. Согласно сбалансированному геолого-геофизическому профилю «Полярно-уральский трансект» [15], очаг на глубине 11 км располагается в сместителе Фронтального надвига того же наклона, который выходит на поверхность в 30 км северо-западнее (рис. 4).

28 января 2014 г. произошло землетрясение на Северном Урале. Событие зарегистрировано сейсмостанциями «Сыктывкар» (SYK) и «Грива» (GRV), а также станциями сейсмической сети Урала — SVUR (Североуральск), PR7R (Сараны), PR1 (Романово), PR3 (Кунгур), Архангельской сети — LSK (Лешуконское), AMD (Амдерма) и станцией «Арти» (ARU) (рис. 5). Записи данных станций были задействованы в обработке события. Эпицентральное расстояние до станций SYK и GRV — 475 км и 515 км соответственно.

Параметры землетрясения, полученные нами: $t_0=04^h41^m38^s$, координаты 62.361N, 59.539E, $h=5$ км, локальная магнитуда $ML=3.4$, энергетический класс Раутман $Kp=9.9$. В табл. 2 приведены также решения события 28 января по данным определений Архангельской и Пермской сейсмологических сетей. Событие слабое, информации о нем на сайтах зарубежных служб нет.

По нашим расчетам, эпицентр располагался в 20 км севернее истоков р. Печоры, 47 км западнее пос. Усть-Манья. При личной беседе с инспекторами охраны Печоро-Илычского госзаповедника, кордонов Полой, Собинская,

Таблица 1

Параметры землетрясения 24 декабря 2012 г. по данным различных сейсмологических центров

Table 1

Parameters of earthquake on December, 24, 2012, from various seismic centers

Сеть Net	Время в очаге, t_0 Time in focus, t_0	φ , °N	λ , °E	Магнитуда Magnitude	h, км km
ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар Institute of geology, Komi SC, UB RAS, Syktyvkar	06:22:39	66.768	64.360	M_s 3.7	11
OBN (ГС РАН, Обнинск) [4] (GS RAS, Obninsk)	06:22:34.2	66.68	64.21	M_L 3.4	
ГС РАН, Архангельск [6] GS RAS, Archangelsk	06:22:39.1	66.47	64.73	M_L 3.8	10
ISC (Англия, England) http://www.isc.ac.uk	06:22:40.88	66.6245	63.7543	m_b 4.0 M_s 3.1	35f*
IDC (Австрия, Austria) http://www.isc.ac.uk	06:22:36.80	66.8133	64.4027	M_L 3.9 m_b 3.8/16 M_s 3.2	0f
NNC (Казахстан, Kazakhstan) http://www.isc.ac.uk	06:22:49.02	66.1763	64.2736	m_b 4.0	60.2
IRIS (США, USA) http://ds.iris.edu USGS (США, USA) http://www.orfeus-eu.org NEIC (США, USA) http://www.isc.ac.uk	06:22:36	66.88	64.29	m_b 4.1	10f
EMSC (Франция, France) http://www.orfeus-eu.org	06:22:34	66.94	64.50	m_b 3.9	2.0
NORSAR (Норвегия, Norway) http://www.norsardata.no	06:22:39.15	66.938	63.952	m_b 4.47	

* f — фиксированная глубина.

f — fixed depth.

ГЗУН- Главный Западноуральский надвиг, ФН- Фронтальный надвиг, ГУН- Главный Уральский надвиг (PZ3 сутура)

Рис. 4. Фрагмент геолого-геофизического профиля по [15] с вынесенным эпицентром и гипоцентром сейсмического события 24 декабря 2012 г. (составили В. В. Юдин, Д. Н. Ремизов, 2014 г.)

Fig. 4. Fragment of geological-geophysical profile by [15] with rendered epicenter and hypocenter of seismic event on December 24, 2012 (compilers V. V. Yudin, D. N. Remizov, 2014)

Шайтановка и Шежым (Печорский), которые в это время находились на кордонах, выяснилось, что событие не ощущалось.

В тектоническом отношении эпицентр землетрясения 28 января 2014 г. был расположен в западной части

Присалатимского аллохтона, ограниченного Фронтальным надвигом восточного наклона (рис. 1). Характер деформационных структур в батиальном комплексе Присалатимского аллохтона определяется наличием сжатых асимметричных многопорядковых складок с восточным

Рис. 5. Фрагменты сейсмограмм вертикальной компоненты землетрясения 28 января 2014 г., расположенные по времени прихода первой фазы

Fig. 5. Fragments of records with vertical component of earthquake on January 28, 2014, located at the time of arrival of the first phase

Таблица 2

Параметры землетрясения 28 января 2014 г. по данным различных сейсмологических центров

Table 2

Parameters of earthquake on January, 28, 2014, from various seismic centers

Сеть Net	Время в очаге, t_0 Time in focus, t_0	φ , °N	λ , °E	M	h, km
ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар Institute of geology, Komi SC, UB RAS Syktyvkar	04:41:38	62.361	59.539	ML 3.4 Kp 9.9	5
ГС РАН, Архангельск [12] GS RAS, Archangelsk	04:41:43	62.32	59.08	ML 3.1	5f
ГС РАН, Пермь http://pts.mi-perm.ru GS RAS, Perm	04:41:43	62.19	59.53	ML 3.1	10f

падением осевых поверхностей и большого количества субпараллельных им взбросо-надвиговых сместителей. Очаг землетрясения находился на глубине 5 км. О его структурном положении можно судить по геологическому разрезу на рис. 35 в монографии [14]. Анализ структур показывает, что гипоцентр, по-видимому, связан с унаследованной подвижкой по древнему Осевому надвигу, который выходит на поверхность в 20 км западнее эпицентра.

4 января 2015 г. сейсмическими станциями в с. Пожег (PZG) и с. Грива (GRV) было зарегистрировано (рис. 6) сейсмическое событие на Приполярном Урале. Удаленность от эпицентра до станций составляет 430 км и 675 км соответственно. Землетрясение зафиксировали практически все сейсмические станции России (от близко расположенных до Чукотки (BILL) $\Delta=37.88^\circ$ и Приморского края (USRK) $\Delta=43.57^\circ$, а также зарубежные сейсмические сети Нигерии, Таиланда, Кореи, Канады, Америки и многих других стран (табл. 3).

Рис. 6. Фрагменты записей вертикальной компоненты землетрясения 4 января 2015 г. сейсмическими станциями Пожег (PZG) и Грива (GRV)

Fig. 6. Fragments of records with vertical component of earthquake on January 4, 2015, from seismic stations Pozheg (PZG) and Griva (GRV)

Таблица 3

Параметры землетрясения 4 января 2015 г. по данным различных сейсмологических центров

Table 3

Parameters of earthquake on January, 4, 2015, from various seismic centers

Сеть Net	Время в очаге, t_0 Time in focus, t_0	φ , °N	λ , °E	M	h, km
ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар Institute of geology, Komi SC, UB RAS, Syktyvkar	13:58:06	64.552	60.720	ML 4.8 Kp 12.3	14
ССД (ГС РАН, Обнинск) http://www.ceme.gsras.ru (GS RAS, Obninsk)	13:58:03	64.36	60.44	mb 4.2/13	10
ГС РАН, Архангельск http://www.iepn.ru GS RAS, Archangelsk	13:58:05	64.49	60.49	ML 4.8	10f
IRIS (США, USA) http://ds.iris.edu	13:58:05	64.4	60.51	4.4	14.9
EMSC (Франция, France) http://www.orfeus-eu.org	13:58:04	64.44	60.64	mb 4.4	10
USGS (США, USA) http://www.orfeus-eu.org	13:58:05	64.41	60.53	mb 4.4	13.6
NEIC (США) http://www.isc.ac.uk	13:58:05	64.4010	60.51	4.4	14
IDC (Австрия, Austria) http://www.isc.ac.uk	13:58:03.96	64.5056	60.7029	mb 3.8	0.0f
NNC (Казахстан, Kazakhstan) http://www.isc.ac.uk	13:58:14.29	63.9289	60.7927	mb 3.9	37
GFZ (Германия, Germany) http://www.orfeus-eu.org	13:58:05.10	64.65	61.20	mb 4.5	10
NORSAR (Норвегия, Norway) http://www.norsardata.no	13:58:10.93	64.998	59.023	4.81	

Обобщение имеющихся данных по этому событию выполнено в Международном сейсмологическом центре [25]. Согласно бюллетеню ISC, параметры землетрясения определены в пяти сейсмологических центрах, а общее число записавших его станций составило 66, на расстояниях $D_{min}=8.01^\circ$, $D_{max}=73.62^\circ$ и практически полным азимутальным окружением $5.2-354.5^\circ$, $\Delta\varphi=38^\circ$. Число используемых фаз — 174.

Анализ координат, полученных разными службами (за исключением автоматической обработки NORSAR и NNC), показывает достаточно хорошую согласованность в локации. Эпицентр землетрясения расположен на водоразделе рек Манья и Народа, в 35 км север-северо-западнее от пос. Саранпауль.

Расчет параметров и локация события выполнялись по записям 15 сейсмических станций: Пожег (PZG), Грива (GRV),

ва (GRV), Североуральск (SVUR), Амдерма (AMD), Сараны (PR7), Лешуконское (LSK), Верхнечусовские городки (PR0), Кунгур (PR3), Свердловск (SVE), Арти (ARU), Уфа (BA1R), Климовская (KLM), Соловки (SLV), Земля Франца-Иосифа (ZFI), а также финской станции Сумийнен (SUF). Станции удалены на расстояния от 3.9 до 16.7° в азимутальном створе 180.4—352.7°.

Параметры землетрясения, полученные нами: $t_0 = 13^h 58^m 06^s$, координаты 64.552N, 60.720E, ML=4.8, Kp=12.3, h=14 км. Результаты обработки различными сейсмологическими центрами также приведены в табл. 3. На записях события станций PZG и GRV присутствуют объемные волны Pn, Pg, Sn, Sg, а также ярко выраженные поверхностные (рис. 6).

Эпицентр землетрясения 4 января 2015 г. на Приполярном Урале был расположен в присутурной зоне Главного Уральского надвига, имеющего восточное падение (рис. 1). Учитывая 14-километровую глубину положения гипоцентра под ним, фокус землетрясения может быть связан с унаследованным смещением во Фронтальном надвиге, который выходит на поверхность в 20 км западнее, или с опережающими разрывами Осевого надвига, выходящего еще западнее (рис. 1).

21 марта 2015 г. произошло землетрясение в бассейне р. Илыч, на западе Северного Урала (рис. 1), в Троицко-Печорском районе Республики Коми. Событие зарегистрировали станции ГС РАН соседних регионов — Архангельской, Свердловской областей и Пермского края (табл. 4). Записи этих сейсмологических центров, а также финских станций Оулу (OUL) и Йоэнсуу (JOF) и были задействованы в обработке.

Локации и расчет параметров сейсмического события проводились по сейсмограммам 10 станций: Пожар (PZG), Североуральск (SVUR), Грива (GRV), Сараны (PR7), Власы (PR4), Кунгур (PR3), Лешуконское (LSK), Амдерма (AMD), Оулу (OUL) и Йоэнсуу (JOF) (рис. 7), с эпицентрными расстояниями 220—1580 км в азимутальном створе 9.9—295.1°. Станция PZG была ближайшей к эпицентру события ($\Delta = 2^\circ$). Параметры землетрясения, рассчитанные в WSG: $t_0 = 14^h 14^m 19^s$, 62.926N, 58.221E, ML=3.1, Kp=9.4, h=12 км. В табл. 4 также приведены основные параметры землетрясения 28 января по данным определений Архангельской и Пермской сейсмологических сетей.

Нами были разосланы анкеты в Троицко-Печорский район для получения макросейсмических сведений. Оп-

рос местного населения в ближайших к эпицентру землетрясения населенных пунктах результатов не дал.

Эпицентр землетрясения 21 марта 2015 г. располагался в 75 км южнее истоков р. Илыч. Тектонически эпицентр находился в Западной структурной зоне Урала (рис. 1). Исходя из ранее построенных геологических разрезов и тектонических карт [14], мы делаем вывод, что гипоцентр на глубине 12 км приурочен к зоне Главного Западноуральского надвига. Он имеет восточное падение сместителя и выходит на поверхность в 30 км западнее от эпицентра (рис. 1).

Обсуждение результатов

В геолого-тектоническом отношении эпицентры землетрясений расположены у главных региональных или опережающих их надвигов. Гипоцентры могут быть связаны с унаследованными смещениями во Фронтальном, Осевом и Главном Западноуральском надвигах структурного комплекса уралид.

Современный Уральский ороген является в значительной мере неотектонической структурой неоруалид [14]. Анализ характера дизъюнктивных дислокаций территории подтверждает вывод о главенствующей роли горизонтальных перемещений коры в формировании современной структуры. Поэтому фиксируемые сейсмические события на Урале, возможно, обусловлены современной активизацией покровно-складчатой структуры Урала.

Наблюдения на станциях спутниковой геодезической сети (GPS) показывают, что горизонтальные перемещения Урала происходят и в настоящее время. Измерения горизонтальных движений на севере Урала указывают на то, что смещение происходит в основном на восток с небольшим отклонением по сдвиговой компоненте на север или юг [11]. Зафиксированный палеомагнитными методами и начавшийся в девоне поворот Урала (по часовой стрелке), судя по ориентировке азимутов максимальных напряжений верхней части земной коры Урала, продолжается и в настоящее время [2, 8].

На Северном — Полярном Урале ведущую роль занимают покровно-надвиговые структуры уралид, по поверхности которых, вероятно, и происходит разрядка современных напряжений. Северная часть Урала деформировалась не в едином региональном тектоническом поле напряжений. По данным Л. А. Сим, субгоризонтальная ось сжатия меняет свое простирание от широтного на Северном через северо-западное на Приполяр-

Таблица 4
Параметры землетрясения 21 марта 2015 г. по данным различных сейсмологических центров

Table 4
Parameters of earthquake on December, 24, 2012 from various seismic centers

	Время в очаге, t_0 Time in focus, t_0	φ , °N	λ , °E	ML	h, km
ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар Institute of geology, Komi SC, UB RAS, Syktvykar	14:14:19	62.926	58.221	3.1 Kp 9.4	12
ГС РАН, Архангельск http://www.iepn.ru GS RAS, Archangelsk	14:14:22	63.03	58.15	3.3	10f
ГС РАН, Пермь http://pts.mi-perm.ru GS RAS Perm	14:14:43	60.65	54.79	2.9

Рис. 7. Фрагменты записей вертикальной компоненты землетрясения 21 марта 2015 г., расположенные по времени прихода P-волны

Fig. 7. Fragments of records with vertical component of earthquake on March 21, 2015, located at the time of primary wave arrival

ном до субмеридионального на Полярном Урале [9]. Восстановленное новейшее поле напряжений носит унаследованный характер. Данными GPS-мониторинга также подтверждается гипотеза сжатия массивов Северного Урала [11].

Зарегистрированные инструментально землетрясения являются верхнекоровыми. Гипоцентры их находятся на глубинах 5—14 км, что может быть обусловлено смещением по ранее заложенным аллохтонным пластинам тектонических покровов Урала.

Выводы

В целом территория Полярного, Приполярного и Северного Урала характеризуется рассеянной сейсмичностью. Сейсмическая активность здесь низкая, что, веро-

ятно, объясняется малой скоростью деформации земной коры на современном этапе [3]. Фиксируемые слабые сейсмические события на Урале могут быть обусловлены горизонтальными напряжениями в древних покровно-складчатых структурах уралид. Современные землетрясения севера Урала, возможно, вызваны горизонтальными движениями по поверхностям надвигов, что соответствует глубинам гипоцентров 5—14 км.

Общеизвестно, что землетрясения являются одним из наиболее ярких проявлений современной тектонической активности. Сейсмологические наблюдения, проводимые на территории Республики Коми, имеют важное значение для изучения геодинамической активности региона и решения геоэкологических задач. Для сейсмологического мониторинга, надежной регистрации локальных и регио-

нальных сейсмических событий необходима модернизация и расширение сети сейсмостанций в Республике Коми. Это позволит более обоснованно подходить к решению сложных проблем, в том числе аварий в шахтах Воркутского угольного бассейна.

Автор глубоко признателен коллегам из ГС РАН Апатитов, Архангельска и Перми за предоставленные записи сейсмических событий.

Работа проводится в рамках программы фундаментальных научных исследований № 15-18-5-57 «Главный Уральский разлом и его обрамление как индикаторы многостадийной эволюции аккреционно-коллизийного Уральского орогена».

Литература

1. Асминг В. Э., Кременецкая Е. О., Виноградов Ю. А., Евтюгина З. А. Использование критериев идентификации взрывов и землетрясений для уточнения оценки сейсмической опасности региона / Кольский филиал Геофизической службы РАН // Вестник МГТУ. 2010. Т. 13. № 4/2. С. 998—1007.
2. Гатинский Ю. Г., Рундквист Д. В., Владова Г. Л., Прохорова Т. В. Анализ геодинамики и сейсмичности в районах расположения главнейших электростанций европейской части России и ближайшего зарубежья: Электронное научное издание // Пространство и Время: Альманах. 2011. № 4 (6). С. 196—204.
3. Гуляев А. Н. Сейсмоструктура 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.
4. Землетрясения России в 2012 году. Обнинск: ГС РАН, 2014. 224 с.
5. Кольский филиал Геофизической службы РАН. URL: <http://www.krsc.ru/defds.htm>
6. 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.
7. Санина И. А., Куликов В. И., Нестеркина М. А., Константиновская Н. Л., Волосов С. Г. Региональные сейсмические наблюдения взрывов и землетрясений // Взрывы и землетрясения на территории европейской части России / Под ред. В. В. Адушкина и А. А. Маловичко. М.: ГЕОС, 2013.
8. Свяжина И. А., Петров Г. А., Рыбалка А. В. Возможная связь современных и древних горизонтальных движений литосферных блоков Урала // Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых: Материалы XXXVII Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2005. Том 2. С. 187—190.
9. Сим Л. А. Разноранговые тектонические напряжения Северного — Полярного Урала // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы: Сборник материалов Четвертого Междунар. симп. 15—20 июня 2008. Вып. 4. М.; Бишкек: Научная станция РАН. 2009. С. 401—405.
10. Структурно-тектоническая карта Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Масштаб 1:1000000 / Редкол.: В. И. Богацкий, А. С. Головань, В. И. Громека, В. В. Юдин (ответственный исполнитель) и др. М.: Мингео СССР, 1988.
11. Уткин В. И., Белоусова А. А., Тягунов Д. С., Баландин Д. В. Исследование геодинамики Северного и Среднего Урала по данным GPS // Доклады Академии наук. 2010. Т. 431. № 2. С. 246—251.
12. Французова В. И., Конечная Я. В., Ваганова Н. В., Морозов А. Н. Сейсмичность Евроарктического региона в 2014 г. по данным Архангельской сейсмической сети // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: Материалы Десятой Международной сейсмологической школы. Обнинск: ГС РАН, 2015. С. 339—343.
13. Юдахин Ф. Н., Шукин Ю. К., Макаров В. Н. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. Екатеринбург: УрО РАН, 2003.
14. Юдин В. В. Орогенез Севера Урала и Пай-Хоя. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 284 с.
15. 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. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014. Т. II. С. 77—79.
16. Bogdanova S. Eurobridge: Palaeoproterozoic Accretion of Sarmatia and Fennoscandia // EUROPROBE News. 2000. №13. p. 79.
17. EUROBRIDGE Seismic Working Group (co-authors: Timo Tiira, Urmas Luosto, Kari Komminaho), 1999. Seismic velocity structure across the Fennoscandia-Sarmatia suture beneath the EUROBRIDGE profile through Lithuania and Belarus. *Tectonophysics*, 314, 193—217.
18. Grad M., Tripolsky A. A. Crustal structure from P and S seismic waves and petrological models of the Ukrainian shield // *Tectonophysics*. 1995. 250. P. 89—112.
19. Kostyuchenko S. L., Egorkin A. V., Solodilov L. N. Structure and genetic mechanisms of the Precambrian rifts of the East-European Platform in Russia by integrated study of seismic, gravity, and magnetic data, *Tectonophysics*, 313, 9—28, 1999.
20. Mooney W. D., Laske G., Masters T. G. CRUST 5.1: A global crustal model at 5°x5°, *J. Geophys. Res.*, 103, (B), 727—747, 1998.
21. Persits F. M., Ulmishek G. F. & Steinshouer D. W. 1997. Maps Showing Geology, Oil and Gas Fields and Geologic Provinces of the Former Soviet Union. U.S. Geological Survey Open-File Report 97-470E, U.S. Geological Survey, Denver, Colorado. <http://pubs.usgs.gov/of/1997/ofr-97-470/OF97-470E/fsumapG.html>
22. Ryberg T., Wenzel F. 1999. High-frequency wave propagation in the uppermost mantle. *J. Geophys. Res.* 104, 10655—10666.
23. Schueller 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. 87: 414—426.
24. Sroda P. and POLONAISE Working Group, 1999. P- and S-wave velocity model of the southwestern margin of the Precambrian East European Craton; POLONAISE'97, profile P3. *Tectonophysics*, 314 (1999), 175—192.
25. International Seismological Centre. <http://www.isc.ac.uk/>

References

1. Asming V. E., Kremenetskaya E. O., Vinogradov Yu. A., Evtyugina Z. A. *Ispolzovanie kriteriev identifikatsii vzryvov i zemletryasenii dlya utochneniya otsenki seismicheskoi opasnosti regiona* (Use of identification criteria of explosions and earthquakes to specify the estimates of seismic danger of region). *Vestnik MGTU*, V. 13, No. 4/2, 2010, pp. 998—1007.
2. Gatinsky Yu. G., Rundkvist D. V., Vladova G. L., Prohorova T. V. *Analiz geodinamiki i seismichnosti v raionah raspolozheniya glavneishih elektrostantsii evropeiskoi chasti Rossii i blizhaishego zarubezhya* (Analysis of geodynamics and seismicity in areas with main power stations or European part of Russia and nearest countries). *Almanah Prostranstvo i Vremya*. No.4 (6), 2011, pp. 196—204.
3. Gulyaev A. N. *Seismotektonika tsentralnoi chasti Uralskogo regiona* (Seismic tectonics of central part of Ural region). In: *Glubinnoe stroenie, geodinamika, teplovoe pole Zemli, interpretatsiya geofizicheskikh polei* (Deep structure, geodynamics, thermal field of Earth, interpretation of geophysical fields). 6th science readings dedicated to Yu. P. Bulashevich. Proceedings. Ekaterinburg, UBO RAN, 2011, pp. 99—102.
4. Earthquakes in Russia. Obninsk: GS RAS, 2014, 224 pp.
5. *Kolskii filial Geofizicheskoi sluzhby RAN* (Kola branch of geophysical survey of RAS). Access: <http://www.krsc.ru/defds.htm>
6. Konechnaya Ya. V., Vaganova N. V., Morozov A. N., Noskova N. N. *Zemletryasenie na Polyarnom Urale 24 dekabrya 2012 goda* (Earthquake in Polar Urals 24 December 2012). In: *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh* (Modern methods of processing and interpretation of seismic data). Proceedings of the 8th International seismic school. Obninsk, GS RAN, 2013, pp. 179—183.
7. Sanina I. A., Kulikov V. I., Nesterkina M. A., Konstantinovskaya N. L., Volosov S. G. *Regionalnye seismicheskie nablyudeniya vzryvov i zemletryasenii* (Regional seismic observations of explosions and earthquakes). *Vzryvy i zemletryaseniya na territorii Evropeiskoi chasti Rossii* (Ed. V. V. Adushkin and A. A. Malovichko). Moscow, GEOS, 2013.
8. Svyazhina I. A., Petrov G. A., Rybalka A. V. *Vozmozhnaya svyaz sovremennykh i drevnikh gorizontalnykh dvizhenii litosfernykh blokov Uralskogo regiona* (Possible connection of modern and old horizontal movements of lithospheric blocks of the Urals). *Tektonika zemnoi kory i mantii*. (Tectonics of earth crust and mantle). *Tektonicheskie zakonomernosti razmesheniya poleznykh iskopaemykh*. Proceedings. Moscow, GEOS, 2005, V. 2, pp. 187—190.
9. Sim L. A. *Raznorangovyye tektonicheskiye napryazheniya Severnogo-Polyarnogo Uralskogo regiona* (Various tectonic stresses of Northern—Polar Urals) In: *Geodinamika vnutrikontinentalnykh orogenezov i geoekologicheskiye problemy* (Geodynamics intracontinental orogens and geocological problems), No. 4. Proceedings. Bishkek, RAN, 2009, pp.401—405.
10. *Strukturno-tektonicheskaya karta Timano-Pechorskoi neftegazonosnoi provintsii* (Structural-tectonic map of Timan-Pechora oil-gas-bearing province). Scale 1:1000000. Eds: V. I. Bogatsky, A. S. Golovan, V. I. Gromeka, D. M. Danilevskaya, V. A. Dedeev, N. I. Lisin, V. B. Rostovschikov, A. K. Tshemeistruk, A. N. Shardanov, G. V. Chernyavskii, V. V. Yudin, B. A. Yaralov. Mingeo SSSR, Moscow, 1988.
11. Utkin V. I., Belousova A. A., Tyagunov D. S., Balandin D. V. *Issledovanie geodinamiki Severnogo i Srednego Uralskogo regiona po dannym GPS* (Study of geodynamics of Northern and Middle Urals according to GPS). *Doklady Akademii nauk*, 2010, V. 431, No.2, pp. 246—251.
12. Frantsuzova V. I., Konechnaya Ya. V., Vaganova N. V., Morozov A. N. *Seismichnost Evroarkticheskogo regiona v 2014 g. po dannym Arhangel'skoi seismicheskoi seti* (Seismicity of Euroarctic region in 2014 according to data of Archangel'sk seismic net). In: *Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh* (Modern methods of processing and interpretation of seismic data). Proceedings of 10th international seismic school. Obninsk, GS RAN, 2015, pp. 339—343.
13. Yudahin F. N., Schukin Yu. K., Makarov V. N. *Glubinnoe stroenie i sovremennyye geodinamicheskiye protsessy v litosfere Vostochno-Evropeiskoi platformy* (Deep structure and modern geodynamic processes in lithosphere of East-European platform). Ekaterinburg, UB RAS, 2003.
14. Yudin V. V. *Orogeenez Severnogo Uralskogo regiona i Pay-Khoy* (Orogenesis of Northern Urals and Pay-Khoy). Ekaterinburg, Nauka, 1994, 284 pp.
15. Yudin V. V., Remizov D. N. *Sbalansirovannaya geodinamicheskaya model po profilu «Polyarnouralskii transekt»* (Balanced geodynamic model on profile Polar Ural transect). *Geologiya i mineralnye resursy Evropeiskogo Severo-Vostoka Rossii*. Proceedings. V.2, Syktyvkar, Institute of geology of Komi SC UB RAS, 2014, pp. 77—79.
16. Bogdanova S. Eurobridge: Palaeoproterozoic Accretion of Sarmatia and Fennoscandia. EUROPROBE News. 2000, No. 13, pp. 7—9.
17. EUROBRIDGE Seismic Working Group (co-authors: Timo Tiira, Urmas Luosto, Kari Komminaho), 1999. Seismic velocity structure across the Fennoscandia-Sarmatia suture beneath the EUROBRIDGE profile through Lithuania and Belarus. *Tectonophysics*, 314, pp. 193—217.
18. Grad M., Tripolsky A. A. Crustal structure from P and S seismic waves and petrological models of the Ukrainian shield. In: *Tectonophysics*. 1995, 250, pp. 89—112.
19. Kostyuchenko S. L., Egorkin A. V. and Solodilov L. N. Structure and genetic mechanisms of the Precambrian rifts of the East-European Platform in Russia by integrated study of seismic, gravity, and magnetic data. In: *Tectonophysics*, 313, 9—28, 1999.
20. Mooney W. D., Laske G. and Masters T. G. CRUST 5.1: A global crustal model at 5° S to 5° N, *J. Geophys. Res.*, 103, (B), 727—747, 1998.
21. Persits F. M., Ulmishek G. F. & Steinshouer D. W. 1997. Maps Showing Geology, Oil and Gas Fields and Geological Provinces of the Former Soviet Union. U.S. Geological Survey Open-File Report 97-470E, U.S. Geological Survey, Denver, Colorado. <http://pubs.usgs.gov/of/1997/ofr-97-470/OF97-470E/fsumapG.html>
22. Ryberg T. and Wenzel F. 1999. High-frequency wave propagation in the uppermost mantle. *J. Geophys. Res.* 104, 10655—10666.
23. Schueller W., Morozov I. B. and Smithson S. B. 1997. Crustal and uppermost mantle velocity structure of northern Eurasia along the profile Quartz, Bull. Seismol. Soc. Am. 87, pp. 414—426.
24. Sroda P. and POLONAISE Working Group, 1999. P- and S-wave velocity model of the southwestern margin of the Precambrian East European Craton; POLONAISE'97, profile P3. *Tectonophysics*, 314 (1999), pp. 175—192.
25. International Seismological Centre. <http://www.isc.ac.uk/>