

ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА

УДК 550.34.034, 550.348. (436, 425)

ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА. РОССИЙСКАЯ ЧАСТЬ

И.П. Габсатарова¹, Б.А. Ассиновская¹, С.В. Баранов², В.В. Карпинский¹, Д.Ю. Мехрюшев¹,
Л.М. Мунирова¹, Л.И. Надёжка¹, С.И. Петров², С.П. Пивоваров¹, И.А. Санина³

¹ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, ira@gsras.ru; ²Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты;
³Институт динамики геосфер РАН, г. Москва

Аннотация. Сообщается, что непосредственно на российской территории Восточно-Европейской платформы ведут наблюдения за сейсмичностью 22 стационарных сейсмических станции, две минигруппы и семь полевых сейсмических станций, расположенных в районе двух атомных станций: Нововоронежской и Курской. Открыта новая станция «Белогорное», принадлежащая также Международной системе мониторинга Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (IMS СТВТО). Приводятся результаты исследования микросейсмических шумов на станциях Пулковской сети и оценки дальности регистрации землетрясений на Воронежском кристаллическом массиве. В 2014 г. на российской территории Восточно-Европейской платформы не было зарегистрировано относительно сильных ($M \geq 3.0$) землетрясений. Более слабая природная сейсмичность с $M \leq 2$ зафиксирована в Карелии и приграничных с Финляндией районах, вблизи Кандалакшского залива, вблизи Хибинского массива на Кольском п-ове и на территории Воронежского кристаллического массива. Наблюдения локальными сетями вблизи атомных станций направлены на актуализацию сведений о сейсмичности ранее считавшейся асейсмичной территорией ВЕП. Регистрировались техногенные события в постоянно действующих карьерах, отмечается, что наиболее сильные из них с $M = 3.1 - 3.3$ произведены в карьерах на территории Курской магнитной аномалии.

Ключевые слова: слабая сейсмичность, техногенная сейсмичность, Карельский перешеек, Кандалакшский залив, Воронежский кристаллический массив.

DOI: 1818-6254.2020.23.19

Для цитирования: Габсатарова И.П., Ассиновская Б.А., Баранов С.В., Карпинский В.В., Мехрюшев Д.Ю., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Петров С.И., Пивоваров С.П., Санина И.А. Восточно-Европейская платформа. Российская часть // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 199–207. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.19

Введение. Изучение сейсмичности слабоактивных платформенных территорий в условиях густонаселенной и техногенно-нагруженной среды требует проведения тщательных исследований, направленных, кроме получения как можно более точных оценок координат гипоцентров и магнитуды, еще и на выяснение природы зарегистрированных событий. Эти требования могут быть реализованы при довольно плотной чувствительной сети сейсмических станций, что выполняется только в отдельных локальных зонах. Для выявления различий природных и техногенных событий применяется арсенал способов анализа записей в спектральной и временной областях, описанных в [1, 2].

В 2014 г. на российской территории Восточно-Европейской платформы не было зарегистрировано относительно сильных землетрясений с магнитудным уровнем $M \geq 3.0$, равным, согласно [3], уровню представительной магнитуды M_{\min} на большей части территории ВЕП. Однако в отдельных зонах регистрировалась природная сейсмичность более низких магнитуд и многочисленные техногенные события в карьерах [4–6]. Слабая природная сейсмичность в 2014 г. зафиксирована в Карелии и приграничных с Финляндией районах, вблизи Кандалакшского залива, вблизи Хибинского массива на Кольском п-ове и на Воронежском кристаллическом массиве.

Сеть сейсмических станций и ее развитие в 2014 г. Сейсмическая сеть на территории Восточно-Европейской платформы (ВЕП) – одна из самых представительных по числу участников – сетей различных организаций, которые созданы для решения локально-региональных задач в отдельных зонах ВЕП и на ее ближайших сопредельных территориях. В 2014 г. она состояла из двух сейсмических малоапертурных групп («Апатиты» и «Михнево»), 22 стационарных станций (регистрация на станции «Саратов» приостановлена), а также семи полевых станций, принадлежащих ФИЦ ЕГС РАН и другим ведомствам, участвующим в сейсмическом мониторинге

этой территории. Общая конфигурация сети показана на рис. 1. Таблица с параметрами станций приводится в [7]. В регистрации слабой сейсмичности на ВЕП в 2014 г. не принимали участия станции сети Архангельского центра и сеть Уральского региона, хотя в состав сети они входят и участвуют при регистрации событий с $M \geq 3$ на всей территории ВЕП, или более слабой сейсмичности в непосредственной близости к станциям этих сетей. В этом году они участвовали только в мониторинге сейсмических событий двух других регионов: Арктики и Уральского региона [8, 9].

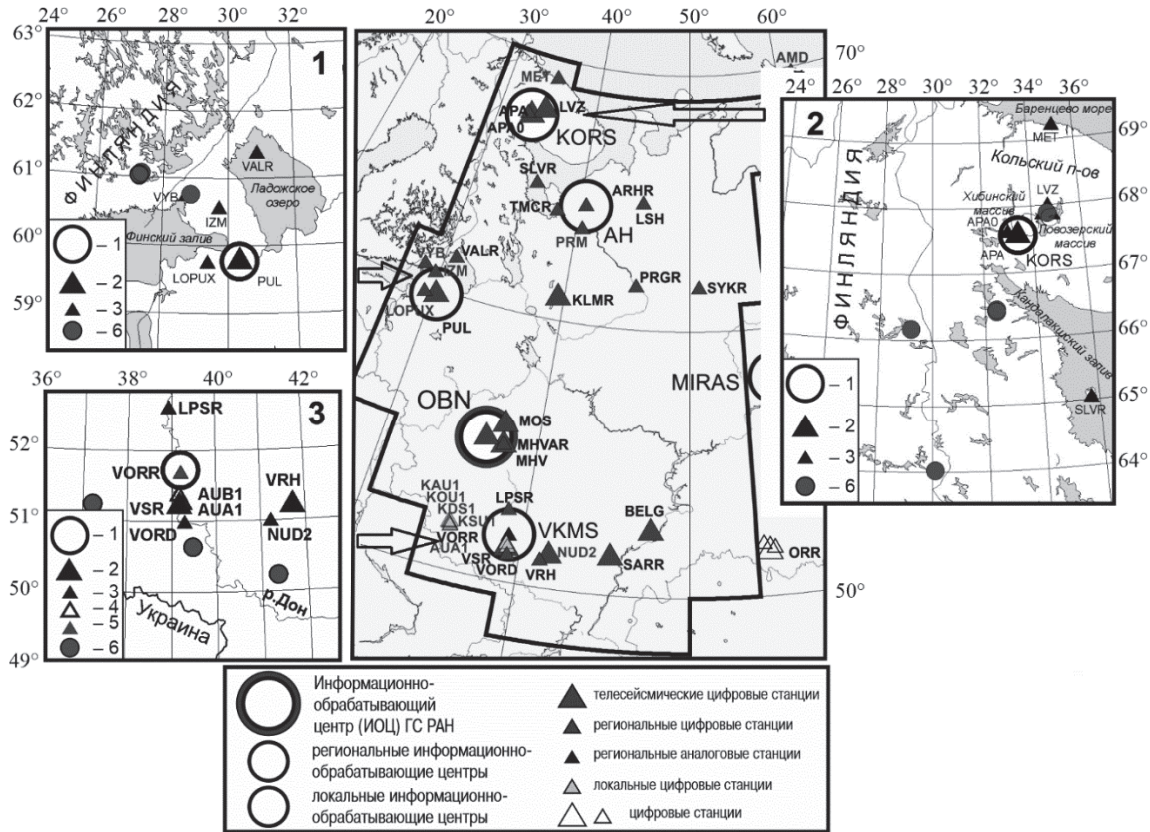


Рис. 1. Сейсмические станции и информационно-обрабатывающие центры на российской части Восточно-Европейской платформы в 2014 г.

Черной ломаной линией указаны границы региона; на врезках 1, 2, 3: 1 – региональный информационно-обрабатывающий центр, 2 – телесеизмическая цифровая станция, 3 – региональная цифровая станция; 4, 5 – станции локальных сетей; 6 – эпицентры землетрясений с $M \leq 2.5$.

21 мая 2014 г. Центральным отделением ФИЦ ЕГС РАН введена в эксплуатацию вспомогательная станция Международной системы мониторинга Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (IMS СТВТО) «Белогорное» (AS094-BELG). 19 ноября станция была сертифицирована. Открытию этой станции предшествовала трехлетняя работа по поиску наиболее «тихого» в сейсмическом отношении места для расположения станции. Поиск места проводился сотрудниками лаборатории сейсмического мониторинга Урала (г. Пермь) и Центрального отделения ФИЦ ЕГС РАН (г. Обнинск). Выбранное место по уровню шумов соответствовало стандартам для станций IMS СТВТО [10]. В этом месте были проведены строительные работы, построен бункер, подведено электричество. Станция размещена на огороженном участке размером 30×20 м, примерно в 40 км к северу от г. Балаково, который расположен на берегу р. Волга в Саратовской области. В 140 км к юго-западу от станции расположен аэропорт. Ближайшее село Белогорное находится в 2 км к западу от станции. Станция состоит из двух небольших зданий: сейсмического хранилища и регистрирующего сооружения, которые расположены на расстоянии около 20 м друг от друга. В этом месте ландшафт плоский, с низкими холмами, на склоне одного из них, сложенного меловыми породами, выбрано место для станции. Трехкомпонентный сейсмометр Guralp CMG – 3-TB установлен в скважине на глубине 78 м. Записи этой станции непрерывно поступают в Центр сбора и обработки в Обнинске и используются для получения параметров землетрясений в Службе срочных донесений, а затем в Сейсмологическом бюллетене ФИЦ ЕГС РАН.

В 2014 г. сейсмологический мониторинг осуществлялся Воронежской сетью, состоящей из 12 сейсмических станций, которые образовали региональную и две локальные сети, развернутые в районах размещения Нововоронежской и Курской атомных станций [4]. Сейсмические станции региональной и локальных сетей оснащены, в основном, регистраторами UGRA, сейсмоприемниками СМ-3-КВ и СМ-3-ОС и установлены на глубине 1.5–2 м в подвалах, вынесенных за пределы жилых построек.

Сеть сейсмических станций, установленных на Воронежском кристаллическом массиве, обладает высокой чувствительностью, что определяется, в том числе, и низким уровнем микросейсмического шума на сейсмических станциях [11]. Сопоставление спектров мощности микросейсмического шума в дневное и ночное время в районе сейсмических станций Воронежской сети с глобальными моделями его низкого и высокого уровней показало, что они тяготеют к глобальной модели низкого уровня микросейсмического шума. Установлено, что сейсмические станции в локальных сетях могут регистрировать сейсмические события; с $K_p=2.0$ до $\Delta=10$ км, $K_p=6.0$ – до $\Delta=200$ км, $K_p=9$ – до $\Delta=800$ км [12].

Дополнительно к имеющимся станциям состав локальной сети на Нововоронежской АЭС пополнился станцией «Истобное», развернутой 19.11.2014 г. вблизи с. Истобное Воронежской области (рис. 1, врезка 3) [7].

На западе региона в состав Санкт-Петербургской сети входят сейсмические станции, расположенные на окраине г. Выборг (VYB), на о. Валаам (VAL) и в центре Карельского перешейка станция «Красное озеро» (IZM). В 2014 г. сеть была дополнена станцией «Лопухинка» (LOPUX), установленной на юго-западе Ленинградской области в д. Лопухинка (рис. 1, врезка 1).

Станции оборудованы короткопериодными сейсмометрами KS36000, GS-13 или СМ-3-КВ, а также цифровыми 16-разрядными SDAS или 24-разрядными UGRA регистраторами (частота опроса 40–50 *отсчетов/с*, чувствительность $2.00E+10^9$ *отсчетов/(м/с)*). Аппаратура повсеместно установлена на коренных породах, а на станциях «Валаам» (VAL) и «Выборг» (VYB) – на скальных грунтах, уровень шумов повсеместно низкий, особенно на станции «Валаам» (рис. 2), что обуславливает высокое качество получаемых данных [13]. Станция «Пулково» (PUL) используется чаще всего как телесеизмическая для регистрации сильных и удаленных землетрясений, т.к. на частотах более 1 Гц уровень шумов значительно превышает среднемировые значения шума (рис. 2). Сейсмический шум, регистрируемый на новой станции «Лопухинка» (LOPUX), имеет близкий уровень к шумам станции «Выборг» (VYB) (рис. 2), однако она расположена вблизи автомобильной дороги, что часто мешает выделению сигналов естественных сейсмических событий.

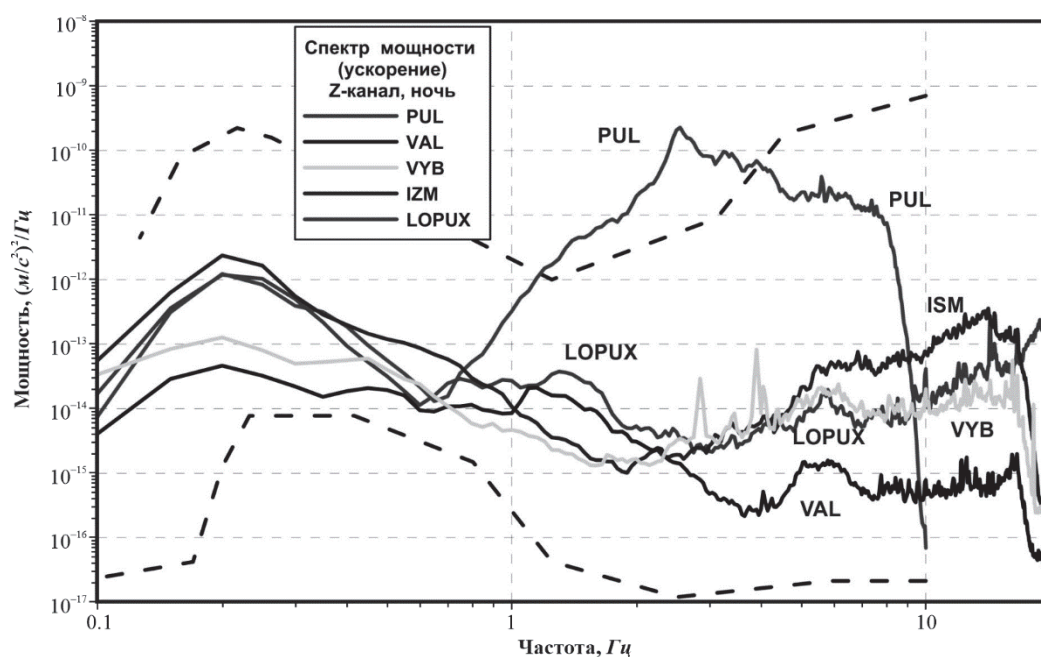


Рис. 2. Спектры мощности ночного шума на вертикальной компоненте сейсмических станций Санкт-Петербургской сети в сравнении с глобальными моделями его низкого (low noise models (NLNM)) и высокого (global high (NHNM)) уровней, показанных черными пунктирными кривыми [14]

Сеть сейсмических станций Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН состояла из цифровой трехкомпонентной широкополосной станции «Апатиты» (АРА) в г. Апатиты; сейсмической группы АР0 (Апатитский ARRAY), расположенной в 17 км от г. Апатиты; станции «Териберка» (МЕТ) в поселке Териберка (рис. 1, врезка 2) [2, 7].

Методика обработки. В центрах сбора и обработки в Пулкове и Воронеже обработка цифровых записей и локация производятся программой WSG [15]. Для обработки записей малоапертурных групп Михнево и Апатиты применяется программа EL [16, 17], обработка потока данных происходит в полуавтоматическом режиме, для выделения событий используется алгоритм STA/LTA. Подробно методика изложена в монографии «Взрывы и землетрясения на территории Европейской России» [1]. Оценка магнитуды событий M (землетрясений и взрывов) приводится в соответствии с правилами, принятыми в «Землетрясения России» и является пересчетной из K_R и ML [4].

Природная сейсмичность в отдельных районах ВЕП. Карельский перешеек. В статье [2] описываются результаты детального изучения событий роя, начавшегося в 2014 г. и продолжившегося затем в 2016 г., имевших место локально в районе карьера Эркия. Сильнейшее из них, произошедшее в ночное время (21^h42^m моск. времени), ощущалось в дачных поселках. Записи этих событий имели отличающийся от взрывов вид, что позволило высказать предположение о тектонической, возможно индуцированной, природе событий. Список событий, отнесенных к тектоническим, приведен в [5].

Для исследования природы событий и различения их с техногенными явлениями был использован ряд методических приемов, таких как метод спектрограмм, кластерный анализ, классификации по форме огибающих и др. [18, 19]. Глубина источника рассчитывалась как по $sP-P$ [20], так и с использованием метода синтетических сейсмограмм [21, 22].

Известные ранее проявления сейсмичности в этой зоне – ряд слабых землетрясений, наиболее интересными из которых являются две области роев землетрясений, зарегистрированных инструментально вблизи северного берега Финского залива. Первый рой зарегистрирован в Аньяланкоски в 2003 г., второй – в Коуволла в декабре 2011 г. [23, 24].

С геологической точки зрения характерной особенностью области является присутствие в регионе восточного борта Выборгской интрузии гранитов рапакиви верхнепротерозойского возраста, представляющей собой мощное плитообразное тело протяженностью с севера на юг 180 км, с запада на восток – от 60 до 130 км [25]. Структура разбита многочисленными субпараллельными тектоническими нарушениями, в основном, северо-западного простирания. Можно предположить, что выявленные области сейсмической активности приурочены к локальным тектоническим узлам. Такие же разломные структуры обнаруживаются внутри массива гранитов рапакиви в районах возникновения роев Аньяланкоски в 2003 г. и Коуволла в 2011 г. в Финляндии.

Вблизи российско-финской границы, но уже на финской территории, сейсмической станцией «Выборг» с 16 по 25 декабря 2014 г. зарегистрировано несколько слабых толчков, имеющих близкую локацию, локация пяти из них проведена совместно с данными станций финской сети [<http://www.seismo.helsinki.fi>]. Интересно, что данная совокупность событий также приурочена к интрузии рапакиви, однако к ее северной разломной границе субширотного простирания.

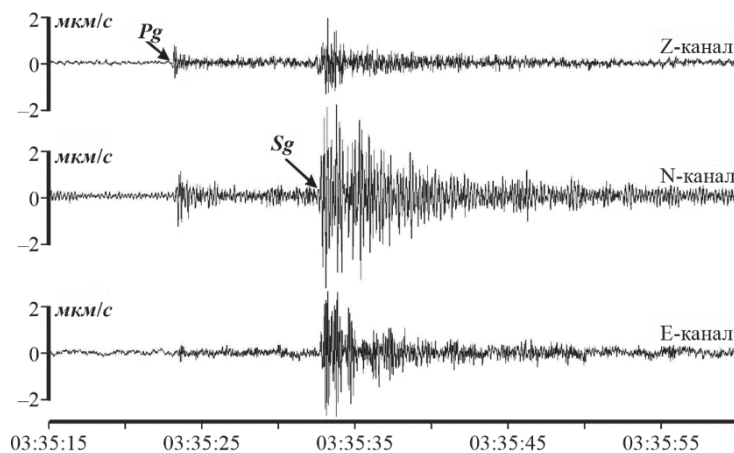


Рис. 3. Трехкомпонентные записи скорости смещения грунта при землетрясении 7 октября 2014 г. с $K_R=7.8$ в Воронежской обл. по данным сейсмической станции «Желтые пруды»

Сейсмичность на Кольском п-ове и в Кандалакшском заливе представлена пятью слабыми землетрясениями с $ML=1.1-1.9$ [5] (рис. 1, врезка 2). Одно из них произошло в Ловозерском массиве 31 октября в 16^h42^m с $ML=1.1$. Самые заметные землетрясения 25 февраля в 18^h53^m и 2 октября в 12^h19^m с $ML=1.9$ зарегистрированы вблизи Кандалакшского залива. Этот район заслуживает повышенного внимания сейсмологов, т.к. принадлежит к одному из наиболее активных районов на территории Восточно-Европейской платформы. Здесь известно несколько сильных для платформы землетрясений с $M \geq 5$ (± 0.5) [26]. Кроме того, в 100 км к северу от эпицентров землетрясений 25 февраля и 2 октября находится Кольская АЭС.

В пределах Воронежского кристаллического массива зарегистрировано три слабых сейсмических события, по многим признакам (времени происхождения, характера записи и пр.) отнесенных к землетрясениям [5] (рис. 1, врезка 3). Волновая картина одного из них, произошедшего 7 октября 2014 г. с $K_p=7.8$ и записанного сейсмической станцией «Желтые пруды» (NUD2), представлена на рис. 3.

Техногенная сейсмичность. В 2014 г. сейсмическими станциями регистрировались сейсмические события техногенной природы – промышленные взрывы, а также события, которые по ряду признаков отнесены к категории «возможно взрыв». Все основные параметры взрывов (координаты, энергетический класс или локальная магнитуда) определены по данным региональных и локальных сетей сейсмических станций. Большая часть взрывов производится в известных карьерах. Названия этих карьеров приводятся в каталоге взрывов в графе «Географический регион» в [6], где представлен полный каталог техногенных событий на территории ВЕП с $M \geq 1.6$. На рис. 4 показана карта расположения действовавших в Российской Федерации в 2014 г. промышленных карьеров, в которых сейсмическими станциями региональных сетей были зарегистрированы взрывы на территории ВЕП. На ВЕП наиболее мощные взрывы (пересчетная из K_p или ML оценка магнитуды $M=3.1-3.3$) произведены в 2014 г. в карьерах Курской области, на территории Курской магнитной аномалии. Значительная часть более слабых взрывов в промышленных карьерах в центральной части ВЕП зарегистрирована высокочувствительной малоапертурной группой «Михнево», на Кольском п-ове – малоапертурной группой «Апатиты».

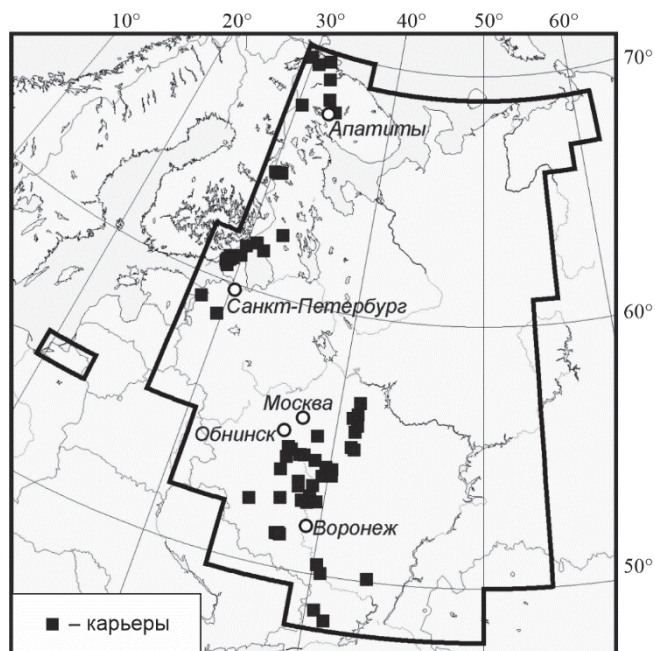


Рис. 4. Положение на территории ВЕП Российской Федерации промышленных карьеров, взрывы в которых регистрировались региональными сейсмическими сетями в 2014 г. (черной ломаной линией указаны границы региона)

Заключение. Возможности современной сейсмической сети на слабосейсмичной территории российской части Восточно-Европейской платформы позволяют регистрировать довольно слабые сейсмические события, среди которых в 2014 г. большая часть представлена техногенной сейсмичностью и незначительная часть – землетрясениями с энергетическими оценками $M < 2$.

Однако даже такие слабые землетрясения могут быть индикаторами начала активизации определенных тектонических структур. Особенно это важно для слежения за геодинамической обстановкой в районе высокоопасных объектов, таких как Курская, Нововоронежская и Кольская АЭС. Несмотря на сделанное заключение в глобальном плане [27], что большинство АЭС европейской части России расположено на Северо-Европейской литосферной плите со слабым проявлением сейсмической активности, региональные ее проявления различного генезиса могут иметь место, поэтому любая актуализация данных о сейсмичности крайне важна.

Л и т е р а т у р а

1. Взрывы и землетрясения на территории Европейской части России / Ред.: акад. В.В. Адушкин, чл.-кор. РАН А.А. Маловичко. – М.: ГЕОС, 2013. – 381 с.
2. Ассиновская Б.А., Габсатарова И.П., Панас Н.М., Юски М. Сейсмические события 2014–16 годов на Карельском перешейке и их природа // Сейсмические приборы. – 2018. – Т. 54. – № 1. – С. 40–61. doi: 10.21455/si2018.1–4
3. Маловичко А.А., Габсатарова И.П., Чепкунас Л.С., Старовойт О.Е. Инструментальные сейсмологические наблюдения на Восточно-Европейской платформе // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / Под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. Кн. 1: Землетрясения. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – С. 14–66.
4. Габсатарова И.П., Голубева И.В., Дягилев Р.А., Карпинский В.В., Мехрюшев Д.Ю., Надёжка Л.И., Петров С.И., Пивоваров С.П., Пойгина С.Г., Санина И.А., Французова В.И. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. Восточно-Европейская платформа, Урал и Западная Сибирь // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 22–27.
5. Баранов С.В., Надёжка Л.И., Карпинская О.В., Мунирова Л.М., Пивоваров С.П., Петров С.И., Прокудина А.В. Каталог землетрясений российской территории Восточно-Европейской платформы в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
6. Part V-2014. Catalogs_explosions_2014.xls // Землетрясения России в 2014 году. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – Приложение на CD-ROM.
7. Баранов С.В., Петров С.И., Пойгина С.Г., Габсатарова И.П., Карпинский В.В., Пивоваров С.П. Сейсмические станции, участвующие в определении параметров гипоцентров землетрясений на территории ВЕП в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
8. Морозов А.Н., Аветисов Г.П., Антоновская Г.Н., Асминг В.Э., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Виноградов Ю.А., Жолондз А.С., Конечная Я.В., Федоров А.Ф., Федоров И.С. Арктика // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 228–234. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.22
9. Маловичко А.А., Дягилев Р.А., Верховланцев Ф.Г., Голубева И.В., Злобина Т.В. Урал и Западная Сибирь // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 216–227. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.21
10. The Report of the IMS members of the Certification Team for IMS facility AS094 BELG (Belogoroye, Russian Federation). СТВТО. Viena. November, 2014 / Фонды ФИЦ ЕГС РАН, 2014. – Р. 28.
11. Надёжка Л.И., Семёнов А.Е., Сафронич И.Н., Пивоваров С.П., Семёнов А.М., Ефременко М.А. Основные характеристики сейсмологических исследований на территории Воронежского кристаллического массива // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Девятой Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 244–247.
12. Надёжка Л.И., Колесников И.М., Семёнов А.Е. Сейсмический мониторинг районов размещения объектов атомной энергетики – основа сейсмической безопасности их функционирования // Вестник НЯЦ РК. – Июнь 2018. – Вып. 2 (74). – С. 88–91.
13. Карпинский В.В., Мунирова Л.М., Панас Н.М., Карпинская О.В. Сейсмологические наблюдения на северо-западе РФ // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 175–178.
14. IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice / Ed. P. Bormann. GeoForschungsZentrum. – Potsdam, 2002. – 1020 p.

15. Красилов С.А., Семёнов А.М. Оснащение ИОЦ ВКМ программно-аппаратурными средствами для организации наблюдений в режиме, близком к реальному времени, на примере сейсмостанции «Сторожевое» // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Второй Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 117–120.
16. Асминг В.Э. Создание программного комплекса для автоматизации детектирования, локации и интерпретации сейсмических событий и его использование для изучения сейсмичности Северо-Западного региона: Дисс. канд. физ.-мат. наук. – М.: ИДГ РАН, 2004. – 128 с.
17. Асминг В.Э., Федоров А.В. Модернизированный алгоритм автоматического детектирования и локации землетрясений по одиночной сейсмической группе и опыт его применения для изучения афтершоковой последовательности землетрясения в районе архипелага Шпицберген // Сейсмические приборы. – Вып. 46. – № 2. – М.: ИФЗ РАН, 2010. – С. 5–14.
18. Chernobay I.P., Gabsatarova I.P. Source classification in the Northern Caucasus // Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 1999. 133. – P. 183–201.
19. Coyne J., Clark K., Lloyd S. IDC Documentations Geotool Software User Tutorial. – 16 July 2003. – 59 p.
20. Kennett B.L.N. (Compiler and Editor). IASPEI 1991 Seismological Tables. – Bibliotech, Canberra, Australia, 1991. – 167 p.
21. Kind R. The reflectivity method for a buried source // J. Geophys. – 1977. – V. 44. – P. 603–612.
22. Kind R. Extension of the reflectivity method // J. Geophys. – 1978. – V. 45. – P. 373–380.
23. Uski M, Tiira T., Korja A, El S. The 2003 earthquake swarm in Anjalankoski, south-eastern Finland // Tectonophysics. # – 2006. – V. 422. – Iss. 1–4. – P. 55–69.
24. Smedberg I., Uski M., Tiira T., Korja A., Komminaho K. Intraplate earthquake swarm in Kouvola, south-eastern Finland // General Assembly European Geosciences Union, 2012. – Vienna, Austria. 22 – 27 April 2012. EGU2012. 8446.
25. Киселёв И.И., Проскуряков В.В., Саванин В.В. Геология и полезные ископаемые Ленинградской области. – СПб.: Петербургская Комплексная экспедиция, 1997. – С. 132–134.
26. Виноградов Ю.А., Кременецкая Е.О. Об уточнении линеаментно-доменной модели Кандалакшско сейсмогенной зоны на основе современных данных // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Одиннадцатой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 53–57.
27. Гатинский Ю.Г., Рунквист Д.В., Владова Г.Л., Прохорова Т.В. Уровень сейсмической опасности в районах стратегических энергетических объектов приграничных территорий России и ближнего зарубежья // Электронное научное издание «Альманах Пространство и Время». Специальный выпуск «Пространство и Время границ». – 2013. – Т. 3. – Вып. 1. – 15 с.

EAST EUROPEAN PLATFORM. RUSSIAN PART

*I.P. Gabsatarova¹, B.A. Assinovskaya¹, S.V. Baranov², V.V. Karpinsky¹, D.Yu Mehryushev¹,
L.M. Munirova¹, L.I. Nadezhka¹, S.I. Petrov¹, S.P. Pivovarov¹, I.A. Sanina³*

¹*Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, ira@gsras.ru;*

²*Kola Branch of the Russian Academy of Sciences, Apatity; Russia*

³*Institute of Dynamics of Geospheres of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Abstract. It is reported that 22 stationary seismic stations, 2 arrays and 7 local seismic stations, located in the area of Novovoronezh and Kursk nuclear stations, monitor seismicity of the Russian territory of the East European platform (EEP). A new station Belogornoe with high registration class has been opened, which also belongs to the International Monitoring System for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (IMS СТВТО). The results of the microseismic noise study at the Pulkovo network stations and assessment of maximum distance of earthquake registration in the Voronezh crystalline massif are presented. In 2014, relatively strong earthquakes with $M \geq 3.0$ were not recorded on the Russian territory of the EEP. Weaker natural seismicity with $M \leq 2$ was recorded in Karelia and the border areas with Finland, near Kandalaksha Bay, near the Khibiny Massif on the Kola Peninsula and on the territory of the Voronezh Crystalline Massif. Observations of local networks near nuclear stations are aimed at updating the information on seismicity previously considered as an aseismic territory of the EEP. Man-made events were recorded in permanent quarries, the most powerful of them ($M=3.1-3.3$) were produced in the quarries on the territory of the Kursk magnetic anomaly.

Keywords: low seismicity, technogenic seismicity, Karelian Isthmus, Kandalaksha Bay, Voronezh crystalline massif.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.19

For citation: Gabsatarova, I.P., Assinovskaya, B.A., Baranov, S.V., Karpinsky, V.V., Mehryushev, D.Yu., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Petrov, S.I., Pivovarov, S.P., & Sanina, I.A. (2020). [East European platform. Russian part]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 199–207. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.19

References

1. Adushkin, V.V., & Malovichko, A.A. (Eds.). (2013). *Vzryvy i zemletryaseniya na territorii Yevropeyskoy chasti Rossii* [Explosions and earthquakes in the European part of Russia]. Moscow, Russia: GEOS, 381 p. (In Russ.).
2. Assinovskaya, B.A., Gabsatarova, I.P., Panas, N.M., & Uski, M. (2019). Seismic Events in 2014–2016 around the Karelian Isthmus and Their Nature. *Seismic Instruments*, 55(1), 24–40. <https://doi.org/10.3103/S074792391901002X>.
3. Malovichko, A.A., Gabsatarova, I.P., Chepkunas, L.S., & Starovoyt, O.Ye. (2007). [Instrumental seismological observations on the East European platform]. In *Zemletryaseniya i mikroseysmichnost' v zadachakh sovremennoy geodinamiki Vostochno-Evropeyskoy platformy Kn. 1: Zemletryaseniya* [Earthquakes and microseismicity in the problems of modern geodynamics of the East European platform. Book 1: Earthquakes.] (pp. 14–66). Petrozavodsk, Russia: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences Publ., (In Russ.).
4. Gabsatarova, I.P., Golubeva, I.V., Dyagilev, R.A., Karpinsky, V.V., Mekhryushev, D.Yu., Nadezhka, L.I., Petrov, S.I., Pivovarov, S.P., Poygina, S.G., Sanina, I.A., & Frantsuzova, V.I. (2016). [Seismic monitoring results of various regions of Russia. East European platform, the Urals and Western Siberia]. In *Zemletryaseniya Rossii v 2014 godu* [Earthquakes of Russia in 2014] (pp. 22–27). Obninsk, Russia: GS RAN Publ. (In Russ.).
5. Baranov, S.V., Nadezhka, L.I., Karpinskaya, O.V., Munirova, L.M., Pivovarov, S.P., Petrov, S.I., & Prokudina, A.V. (2020). [Earthquake catalog of the Russian territory of the East European platform in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
6. Part V-2014. Catalogs_explosions_2014. (2016). In *Zemletriaseniia Rossii v 2014 godu*. [Earthquakes of Russia in 2014]. Obninsk, Russia: GS RAN Publ., Appendix on CD. (In Russ.).
7. Baranov, S.V., Petrov, S.I., Poigina, S.G., Gabsatarova, I.P., Karpinsky, V.V., & Pivovarov, S.P. (2020). [Seismic stations involved in determining the parameters of earthquake hypocenters in the EEP in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
8. Morozov, A.N., Avetisov, G.P., Antonovskaya, G.N., Asming, V.E., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Vinogradov Yu.A., Jolondz, A.S., Konechnaia, Ya.V., Fedorov, A.F., & Fedorov, I.S. (2020) [Arctic]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 228–234. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.22
9. Malovichko, A.A., Dyagilev, R.A., Verkholantsev, F.G., Golubeva, I.V., & Zlobina, T.V. [Ural and Western Siberia]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 216–227. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.21
10. The Report of the IMS members of the Certification Team for IMS facility AS094 BELG (Belogornoye, Russian Federation). (2014). CTBTO. Vienna, Austria: Funds of the GS RAS, 28 p.
11. Nadezhka, L.I., Semenov, A.E., Safronich, I.N., Pivovarov, S.P., Semenov, A.M., & Efremenko, M.A. (2014). [The main characteristics of seismological studies on the territory of the Voronezh crystalline massif]. In *Materialy IX Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the IX International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 244–247). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
12. Nadezhka, L.I., Kolesnikov, I.M., & Semenov, A.E. (2018). [Seismic monitoring of areas where nuclear power facilities are located is the basis of seismic safety of their functioning]. *Vestnik NIATs RK* [Bulletin of the NNC RK], 2(74), 88–91. (In Russ.).
13. Karpinsky, V.V., Munirova, L.M., Panas, N.M., & Karpinskaya, O.V. (2017). [Seismological observations in the north-west of the Russian Federation]. In *Materialy XII Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the XII International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 175–178). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).

14. Bormann P. (Ed.). (2002). IASPEI New Manual of Seismological Observatory Practice. Potsdam, Germany: GeoForschungsZentrum, 1020 p.
15. Krasilov, S.A., & Semenov, A.M. (2007). [Equipping the IOC VKM with hardware and software for organizing observations in near real-time mode, using the Storozhevoy seismic station as an example]. In *Materialy II Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the II International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 117–120). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
16. Asming, V.E. (2004) [Creation of a software package for the automation of detection, location and interpretation of seismic events and its use to study the seismicity of the North-West region. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, Russia: IDG RAN Publ., 128 p. (In Russ.).
17. Asming, V.E., & Fedorov, A.V. (2011). The improved algorithm of automatic detection and location of earthquakes by a single seismic array and its application for study of aftershock sequence in the Spitsbergen archipelago. *Seismic Instruments*, 47(1), 50–56.
18. Chernobay, I.P., & Gabsatarova, I.P. (1999). Source classification in the Northern Caucasus. *Physics of the earth and planetary interiors*, 113(1–4), 183–201.
19. Coyne, J., Clark, K., & Lloyd, S. (2003). IDC Documentations Geotool Software User Tutorial. 16 July, 59 p.
20. Kennet, B.L.N. (1991). IASPEI 1991 seismological tables. *Terra Nova*, 3(2), 122–122.
21. Kind, R. (1977). The reflectivity method for a buried source. *Journal of Geophysics*, 44(1), 603–612.
22. Kind, R. (1978). Extensions of the reflectivity method. *Journal of Geophysics*, 45(1), 373–380.
23. Uski, M., Tiira, T., Korja, A., & Elo, S. (2006). The 2003 earthquake swarm in Anjalankoski, south-eastern Finland. *Tectonophysics*, 422(1–4), 55–69.
24. Smedberg, I., Uski, M., Tiira, T., Komminaho, K., & Korja, A. (2012). Intraplate earthquake swarm in Kouvola, south-eastern Finland. *EGU General Assembly 2012*.
25. Kiselev, I.I., Proskuryakov, V.V., & Savanin, V.V. (1997). *Geologiya i poleznye iskopaemye Leningradskoi oblasti* [Geology and minerals of the Leningrad region]. St. Petersburg, Russia: Petersburg Complex Expedition Publ. (In Russ.).
26. Vinogradov, Yu.A., Kremenetskaya, E.O. (2016). [On the refinement of the linear-domain model of the Kandalaksh seismogenic zone on the basis of modern data] In *Materialy XI Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the XI International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 53–57). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
27. Gatinsky, Yu.G., Runquist, D.V., Vladova, G.L., & Prokhorova, T.V. (2013). [Level of seismic risk in the regions of strategic energy facilities at frontier territories of Russia and neighboring countries]. *Elektronnoe nauchnoe izdanie «Al'manakh Prostranstvo i Vremia»* [Electronic scientific edition "Almanac Space and Time"], 3(1), 15 p.