

## ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА:

УДК 550.34.034, 550.348

### СЕЙСМИЧНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ и БЛИЖАЙШЕГО ОКРУЖЕНИЯ в 2021 году

С.В. Баранов<sup>1</sup>, И.П. Габсатарова<sup>2</sup>, М.А. Ефременко<sup>2</sup>, О.В. Карпинская<sup>4</sup>, И.С. Ковалева<sup>1</sup>,  
Л.М. Мунирова<sup>4</sup>, Л.И. Надёжка<sup>3</sup>, Н.Н. Носкова<sup>5</sup>, С.П. Пивоваров<sup>2</sup>, И.Н. Соколова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты, Россия

<sup>2</sup>ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, Россия, [ira@gsras.ru](mailto:ira@gsras.ru)

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «ВГУ», г. Воронеж, Россия

<sup>4</sup>ФИЦ ЕГС РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup>Институт геологии ФИЦ Коми Научного Центра УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

**Аннотация.** На российской территории Восточно-Европейской платформы сейсмические наблюдения в 2021 г. проводились 41 стационарной сейсмической станцией. Открыты две новые станции: «Умба» (UMBA) на Балтийском щите и «Инта» (INO) в Республике Коми. Зарегистрировано 225 сейсмических событий тектонической и техногенно-тектонической природы. Слабая природная и природно-техногенная сейсмичность регистрировалась на Кольском полуострове. Наиболее значительные по магнитуде землетрясения с  $M \sim 3$  произошли в Днепровско-Донецком авлакогене. Впервые в каталог землетрясений ВЕП включены землетрясения северо-восточного Прикаспия в соляно-купольном районе Прикаспийской впадины. Слежение за сейсмичностью в этой зоне необходимо, так как ранее здесь проводились мирные ядерные взрывы. Суммарный объем выделившейся сейсмической энергии в 2021 г. составляет  $\Sigma E = 15.62 \cdot 10^9$  Дж, что близко к энергии, выделившейся в 2017 и 2019 гг.

**Ключевые слова:** землетрясение, слабая сейсмичность, природно-техногенные сейсмические события, Балтийский щит, Днепровско-Донецкий авлакоген.

**Для цитирования:** Баранов С.В., Габсатарова И.П., Ефременко М.А., Карпинская О.В., Ковалева И.С., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Носкова Н.Н., Пивоваров С.П., Соколова И.Н. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейской платформы и ближайшего окружения в 2021 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 189–199. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.17> EDN: QJGQQP

**Введение.** В 2021 г. продолжался мониторинг сейсмичности в слабоактивных районах Восточно-Европейской платформы (ВЕП) – региона XIV в границах, указанных в обзорной статье по сейсмичности Северной Евразии настоящего журнала [1], а также приведенных на рис. 1 настоящей статьи. Сейсмические наблюдения в регионе проводились отдельными сейсмическими сетями, включающими 41 сейсмическую станцию ([Приложение 1] к статье). Параметры сейсмических событий определялись в региональных центрах ([Приложения 4–9], расположенных в периферийных частях платформы: в восточной части Балтийского щита (БЩ) (г. Апатиты, код центра KOGSR/код сети КО) [Приложение 4]; на северо-востоке ВЕП (г. Сыктывкар, код центра IGKR) [Приложение 5]; в южной части Балтийского щита (БЩ) (г. Санкт-Петербург, код центра OBGSR / код сети RU) [Приложение 6]; в Центральном отделении ФИЦ ЕГС РАН (г. Обнинск, код центра OBGSR / код сети RU) [Приложение 7]; на территории Воронежского кристаллического массива (г. Воронеж, код центра VMGSR/код сети VN) [Приложение 8]; на территории в северо-западной части Прикаспия (ЦО ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, код центра OBGSR / код сети RU) и в Казахстанском национальном центре данных ИГИ НЯЦ РК – NNC (г. Алматы, код центра NNC) [Приложение 9].

Целью настоящего исследования является комплексное описание собранных данных о природных и природно-техногенных событиях и анализ распределения сейсмичности в тектонических структурах ВЕП.

**Сеть сейсмических станций** в 2021 г. относительно предыдущих лет [2] претерпела некоторые изменения: на Кольском п-ве сеть была расширена за счет открытия новой сейсмостанции, установленной в южной части Кольского п-ва в поселке Умба (код UMBA). Насущность развития сейсмологической сети продиктована необходимостью повышения детальности мониторинга Кандалакшской зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ). Согласно современным пред-

ставлениям, Кандалакшская зона ВОЗ, состоящая из Колвицкого и Кандалакшского грабенов, является потенциально наиболее опасным геологическим объектом в восточной части Балтийского района. В качестве регистрирующей аппаратуры на новой сейсмической станции используются велосиметр Guralp CMG-6T с диапазоном регистрации  $30\text{ с} - 50\text{ Гц}$  и регистратор сейсмических сигналов «Ермак-5». Данные в режиме, близком к реальному времени, передаются в Кольский региональный информационно-обрабатывающий центр по каналам мобильного интернета [3]. Предполагается, что это улучшит чувствительность сети в этом сейсмоопасном районе.

В Республике Коми 4 августа 2021 г. открыта новая сейсмическая станция сети IGKR Института геологии ФИЦ Коми Научного Центра Уральского отделения РАН (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН) в г. Инта [4]. Станция «Инта» (IN0) оснащена сейсмометром CM-3KB и регистрационной аппаратурой SDAS. Выбор расстановки станций был очевиден: при двух пунктах наблюдений, уже имеющихся в южной части республики, необходим был хотя бы один пункт в северной части. Тем более что в северных районах республики происходят низкомагнитудные сейсмические события, вызванные разработкой месторождений Печорского угольного бассейна [5, 6, 7], Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции [8, 9], месторождений различных руд и минерально-строительного сырья, добыча которых является причиной возникновения техногенных событий. Помимо этого, на Полярном и Приполярном Урале произошли землетрясения с  $ML=4.2$  (24.12.2012 г.) и  $ML=4.1$  (04.01.2015 г.), зарегистрированные практически всеми станциями мира [10]. Поэтому установка сейсмической станции на севере республики стала первоочередной задачей. Открытие новой сейсмической станции Инта позволило сформировать базовую региональную сейсмическую сеть на территории Республики Коми и улучшить регистрационные возможности сети станций ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Удалось понизить порог представительности записываемых сейсмических событий на севере республики с  $ML=4-4.5$  до  $ML=2-2.5$ .

Продолжал работу сейсмоинфразвуковой комплекс «Валаам» в Республике Карелия (сеть OBGRS).

24–25 августа в локальной сети VMGRS была установлена новая станция «Ивановка» (VUS1, [Приложение 1]), оснащенная CM-3KB+UGRA.

Таким образом, сейсмическая сеть в целом на территории российской части ВЕП состояла из 41 станции. Следует отметить, что общая конфигурация сети и расчетные изолинии представительных магнитуд остались прежними по сравнению с приведенными в [11].

**Методика обработки.** Методика обработки цифровых записей и получения параметров сейсмических событий во всех информационных центрах была сохранена и не отличалась от применяемой в предыдущие годы [2, 12]. Она основывалась на использовании отечественного программного обеспечения WSG [13], EL [14] и NAS [3]. Значение локальной магнитуды событий  $ML$  рассчитывалось в различных региональных центрах по разным формулам. Например, расчет локальной магнитуды  $ML$  для станций сети KOGSR проводится по [15]. Расчет выделившейся сейсмической энергии производился в соответствии с предложенным в [16] подходом, а именно, путем пересчета из магнитуды  $M=ML-0.3$  в энергетический класс по Т. Г. Раутиан [17], который равен логарифму энергии ( $\lg E=K_p$ ), т. е.  $E, \text{ Дж} = 10^{1.8M+4}$ .

Характеристика сводного каталога. Сводный каталог землетрясений российской части Восточно-Европейской платформы и ее ближайшего окружения был составлен по результатам информации о природных и природно-техногенных землетрясениях, поступившей от уже названных центров [Приложение 2]. При составлении каталога, в случае дублирования решения разными центрами, выбиралось наиболее надежное решение на основе экспертного заключения, принимаемого с учетом используемых при локации сети сейсмических станций и методики.

За исследуемый период зарегистрировано 225 сейсмических событий тектонической и техногенно-тектонической природы (рис. 1).

Общее число локализованных в 2021 г. землетрясений ( $N_{\Sigma}=225$ ) значительно превышает число ежегодно регистрируемых землетрясений в предыдущие восемь лет (2013–2020 гг.), (табл. 1, рис. 2). При этом суммарный объем выделившейся сейсмической энергии в 2021 г. составляет  $\Sigma E=15.62 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ , то есть примерно близок к энергии, выделившейся в 2017 г. [16] и 2019 г. [12].

**Таблица 1.** Распределение числа землетрясений, максимальных энергетических классов  $K_{\max}$  и суммарной сейсмической энергии по годам за 2013–2021 гг.

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
$K_{\max}$	10	11	11	10	10	9	10	9.4	9.8
$N_{\Sigma}$	12	20	55	64	27	37	38	36	225
$\Sigma E, 10^9 \text{ Дж}$	3.67	240	230	11.4	16.9	3.59	14	7.16	15.62

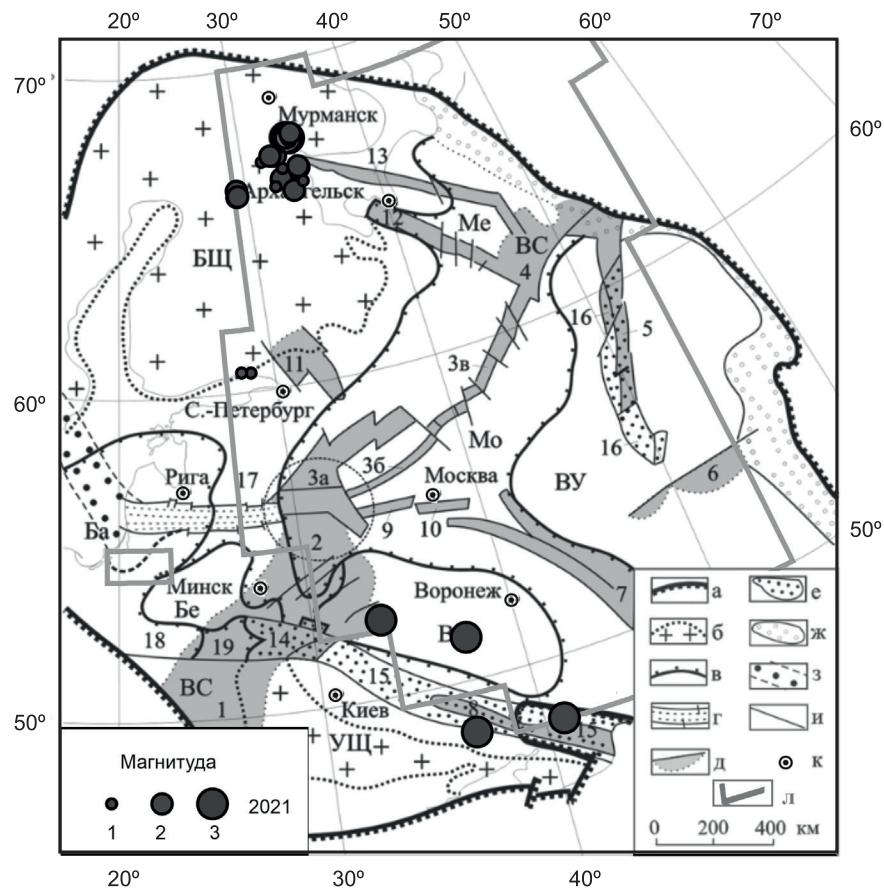


Рис. 1. Положение эпицентров землетрясений (тектонических и техногенно-тектонических) с  $K_p \geq 5$ , зарегистрированных в 2021 г., на тектонической схеме Восточно-Европейской платформы (русская часть ВЕП) [18]

а – граница платформы; б – щиты (БЩ – Балтийский, УЩ – Украинский); в – границы антеклиз и синеклиз (антеклизы: Бе – Белорусская, Во – Воронежская, ВУ – Волго-Уральская; синеклизы: Ба – Балтийская, Мо – Московская, Ме – Мезенская); г – Полоцко-Курземский пояс разломов; д – е – системы палеорифтов: д – ранних (ВС – Вольно-Среднерусская система прогибов; 1 – Вольнский, 2 – Оршанский палеопргибы; 3 – Среднерусский авлакоген: 3а – Крестовская (Валдайская), 3б – Тверская, 3в – Сухонская ветви; 4 – Яренская впадина; 5–8 – авлакогены: 5 – Кировско-Кажимский, 6 – Серноводско-Абдулинский, 7 – Пачелмский, 8 – Днепроовско-Донецкий; 9–13 – грабены: 9 – Гжатский, 10 – Московский, 11 – Ладожский, 12 – Двинский, 13 – Лешуконский); е – поздних (14 – Припятский, 15 – Днепроовско-Донецкий, 16 – Вятский прогибы); ж – зоны перикратонных опусканий, синхронных в развитии с ранними палеорифтами; з – Готландский пояс; и – разлом; к – крупные города; л – границы исследуемой территории.

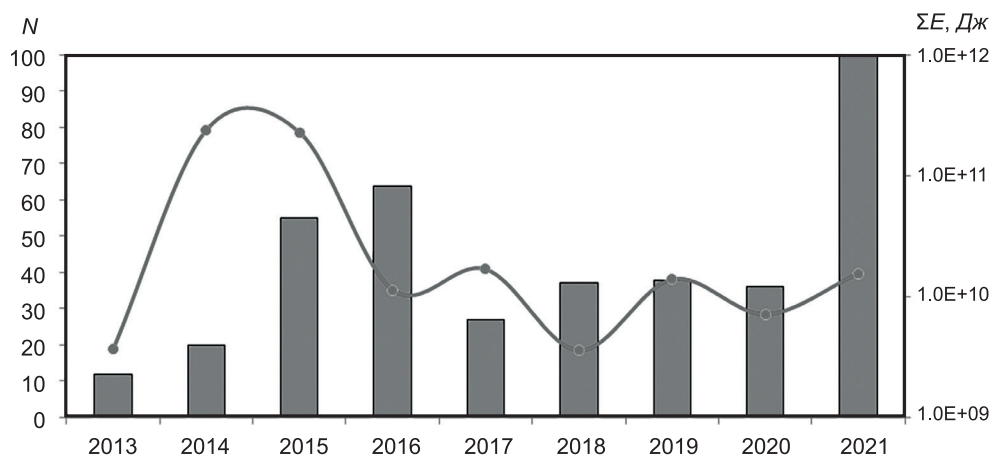


Рис. 2. График распределения числа землетрясений  $N_z$  в границах региона и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$ , Дж по годам с 2013 по 2021 гг.

### Природная сейсмичность в отдельных районах ВЕП

В южной части ВЕП самое значительное по магнитуде землетрясение произошло 19 сентября 2021 г. в 02<sup>h</sup>21<sup>m</sup> с  $K_p=9.8$  в Донецкой области, в пределах Днепровско-Донецкого авлакогена. Для уточнения параметров гипоцентра дополнительно использовались записи и результаты обработки региональных станций Северного Кавказа [Приложение 7]. С точки зрения сейсмического мониторинга территория юга ВЕП, включая Ростовскую область, относится к зонам неуверенной регистрации землетрясений с  $K_p \leq 10.0$ . Однако, начиная со времени открытия самых северных станций в регионе Северного Кавказа – «Новополтавский» (NVPR, 03.06.2019 г.) и «Головановский» (GLVR, 06.06.2019 г.), регистрация событий с  $K_p \geq 9.0$  здесь совместно со станциями VMGSR стала более надежной (рис. 3, 4).

От эпицентра землетрясения 19 сентября 2021 г. эти станции были удалены на  $\Delta_{NVPR}=1.93^\circ$  и  $\Delta_{GLVR}=2.93^\circ$  и хорошо его записали (рис. 3), на станциях сети VMGSR – «Дивногорье» (VORD,  $\Delta=3.0^\circ$ ) и «Сторожевое» (VSR,  $\Delta=3.19^\circ$ ) – записи были менее отчетливы из-за высокого уровня микросейсмических шумов.

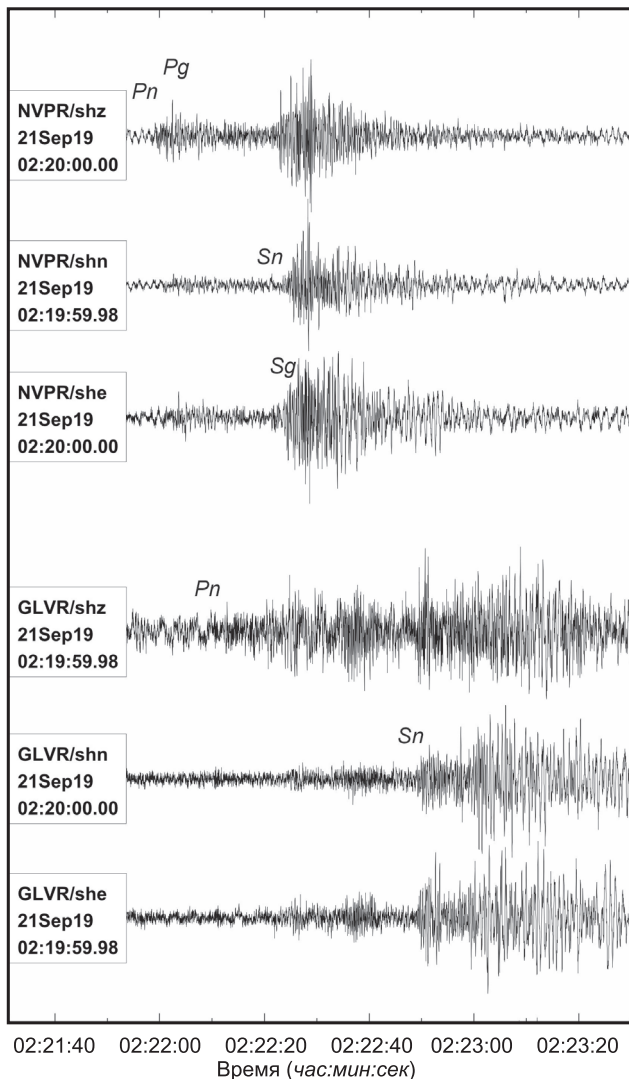


Рис. 3. Трехкомпонентные записи станций «Новополтавский» (NVPR,  $\Delta=1.93^\circ$ ) и «Головановский» (GLVR,  $\Delta=2.93^\circ$ ) землетрясения 19 сентября 2021 г. в пределах Днепровско-Донецкого авлакогена

В Ростовской области 13 декабря в 11<sup>h</sup>45<sup>m</sup> зарегистрировано землетрясение с  $K_p=9.1$  с эпицентром в 15 км к северо-западу от п. Зазерского. Согласно [19, 20], здесь выделяется Северско-Донецкая (СД) геодинамически активная зона в области сочленения южного склона Воронежского свода и поднятия Донбасса. СД имеет северо-западное простирание в сторону г. Луганска. Волновая картина на четырех ближайших станциях ( $\Delta=1.21 \div 3.7^\circ$ ) представлена на рис. 4.

Близкое по энергетическому классу землетрясение зарегистрировано восемью станциями сети VMGSR в Сумской области 7 декабря 2021 г. с  $K_p=9.5$ .

В северной части ВЕП значительная часть ( $N=204$ ) землетрясений была локализована на территории Балтийского щита в Хибинском массиве Мурманской области, где произошла активизация природно-техногенной сейсмичности в районе Кировского и Расвумчоррского рудников АО «Апатит». С 1 по 31 декабря 192 события составили рой ( $ML=0.9-2.2$ ), связанный с процессом деструкции крыла горы Юкспорр, нарушенного в результате

техногенной деятельности [21]. Из числа природно-техногенных землетрясений, произошедших на территории Мурманской области, следующие события были отнесены к потенциально опасным для населения и инфраструктуры: 23 апреля в 04<sup>h</sup>22<sup>m</sup> с  $ML=2.5$  в районе рудника «Олений Ручей» Северо-Западной фосфорной компании; 24 апреля в 23<sup>h</sup>13<sup>m</sup> с  $ML=2.8$  на Восточном руднике АО «Апатит»; 24 мая в 22<sup>h</sup>34<sup>m</sup> с  $ML=2.8$  на Расвумчоррском руднике АО «Апатит»; 9 сентября в 23<sup>h</sup>32<sup>m</sup> с  $ML=2.6$  на Кировском руднике АО «Апатит». Разрушений инфраструктуры не отмечено [21].

В районе Кандалакшской сейсмогенной зоны сетью KOGSR зарегистрировано десять землетрясений с магнитудами  $1.2 \leq ML \leq 2.1$ .

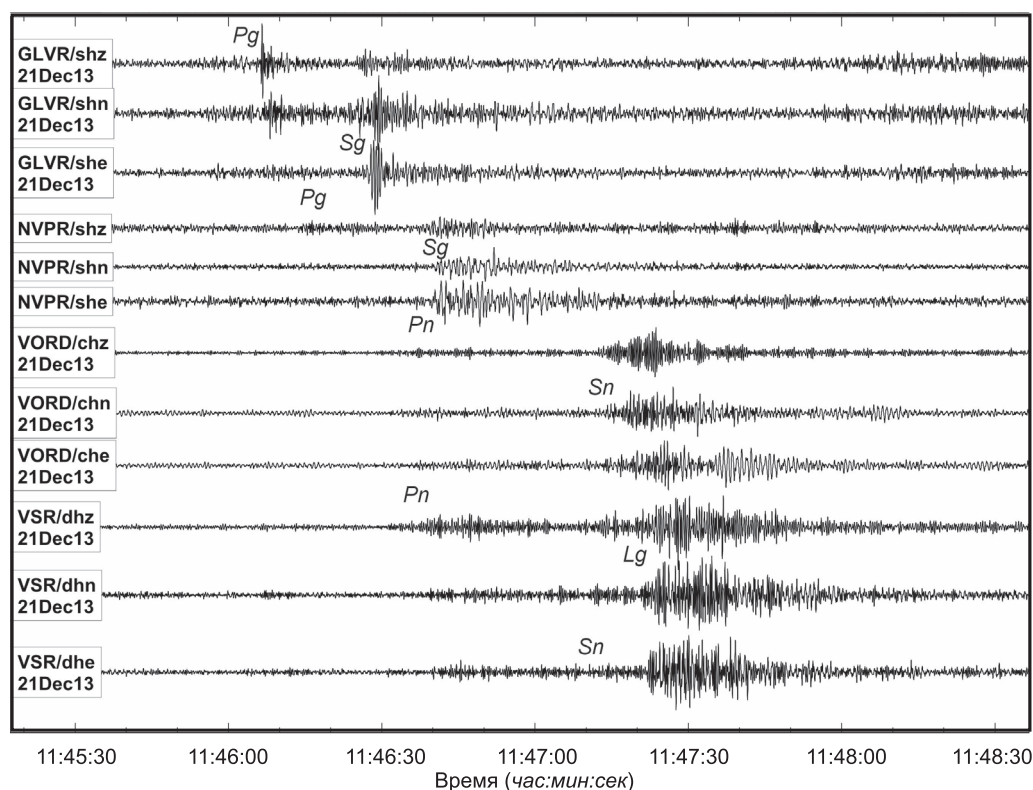


Рис. 4. Трехкомпонентные записи станций «Головановский» (GLVR,  $\Delta=1.21^\circ$ ), «Новополтавский» (NVPR,  $\Delta=1.88^\circ$ ), «Новохоперск» (VRH,  $\Delta=3.18^\circ$ ), «Сторожевое» (VSR,  $\Delta=3.7^\circ$ ) землетрясения 13 декабря 2021 г. с  $K_p=9.1$

В 2021 г. в каталог землетрясений ВЕП впервые были включены два события северо-западного Прикаспия, Западный Казахстан: 26 мая в  $22^h17^m$  с  $M_s^{IDC}=3.6$  и 27 мая в  $02^h16^m$  с  $mb^{NNC}=3.3$  [Приложение 9]. Эти события вызвали большой интерес по нескольким причинам:

- эпицентры землетрясений приурочены к соляно-купольному поднятию Большой Азгир, который подвергся в эпоху СССР мощному техногенному воздействию. За период 1966–1979 гг. на полигоне Азгир (площадка «Галит») было проведено 17 мирных ядерных взрывов (МЯВ) в массиве каменной соли, мощность взрывов составляла от 0.01 кт до 103 кт. В результате было создано девять подземных полостей различного объема [22];

- в местах проведения МЯВ в результате геодинамических процессов произошло изменение целостности подземных полостей, образовавшихся после взрыва. Так, пять полостей (А1–А5) заполнились водой, две полости, А7 и А10, заполнились водой частично, а при проведении взрыва на площадке А9 произошел провал грунта, который впоследствии заполнился талой и дождевой водой, в результате образовалось искусственное «озеро» объемом около 20 тыс. м<sup>3</sup> [23]. В связи с этим сейсмические события вблизи испытательных площадок могут вызвать неблагоприятные экологические последствия;

- район не является асейсмичным, по совокупности данных, согласно [24], в районе была выделена сейсмогенерирующая зона – Азгирская. Параметры сейсмического режима этой структуры:  $M_{max}=4.2$ ,  $b=0.76$ , глубина источника гипоцентров  $h=20$  км;

- в этом районе нет регулярного сейсмического мониторинга, ближайшие стационарные сейсмические станции расположены на расстоянии более 500 км на Северном Кавказе [25].

Параметры обоих сейсмических событий были определены в оперативном режиме в ИГИ НЯЦ РК (NNC) по записям сейсмической группы АВКАР ( $\Delta\sim 850$  км) и трехкомпонентной сейсмической станции АКТО ( $\Delta\sim 750$  км). Параметры землетрясения 26 мая в  $22^h17^m$  определены также в международных центрах IDC и ISC [Приложение 9].

Первое событие было локализовано шестью сейсмическими станциями (KVAR, KBZ, FINES, ARCES, FURI, MA2) Международной сети мониторинга (МСМ) ОДВЗЯИ, ближайшей к эпицентру была сейсмическая группа KVAR ( $\Delta=620$  км). В международном сейсмологическом центре ISC провели обработку сейсмического события с участием восьми станций, как МСМ, так и станций ИГИ НЯЦ РК, в качестве природы источника указано «возможно землетрясение». Второе сейсмическое событие, 27 мая, не попало ни в бюллетень IDC, ни в бюллетень ISC.

Было установлено, что ряд станций на территории Республики Дагестан, находящихся на расстояниях  $\Delta=5.0\div 6.0^\circ$ , зарегистрировали эти два сейсмических события, особенно землетрясение 26 мая в 22<sup>h</sup>17<sup>m</sup> с  $M_S^{IDC}=3.6$ . Наиболее отчетливо записала это событие станция Тлярата ( $\Delta=5.25^\circ$ ) (рис. 5).

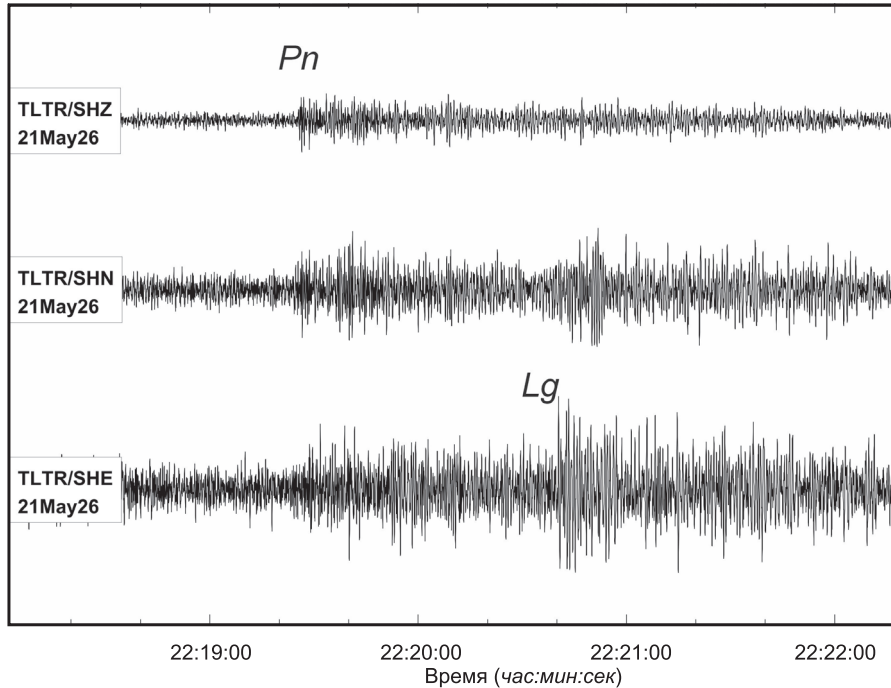


Рис. 5. Трехкомпонентные записи землетрясения 26 мая 2021 г. станцией Тлярата ( $\Delta=5.25^\circ$ ) из сейсмической сети DAGSR

Для уточнения параметров сейсмических событий исследуемого района были собраны сейсмические записи станций, расположенных в Дагестане, Оренбургской области, Северо-Западном Кавказе, Западном Казахстане и Южном Урале. Решение для сейсмического события 26 мая 2025 г. было получено по данным 18 сейсмических станций [Приложение 9], решение для события 27 мая 2025 г. – по данным пяти сейсмических станций [Приложение 9].

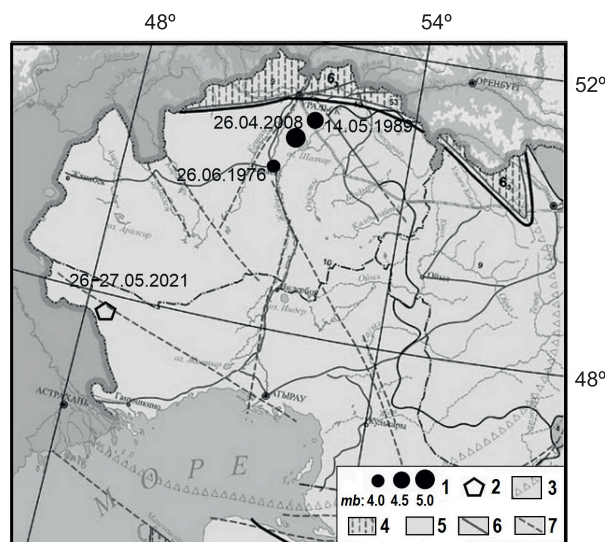


Рис. 6. Сейсмичность северо-восточного Прикаспия на фоне фрагмента карты общего сейсмического районирования территории Казахстана (авторы: Нусипов Е. Н., Тимуш А. В., Сыдыков А. С. Шацкилов В. И., Садыкова А. Б.) [24]

1 – магнитуда  $mb$  землетрясений 1976–2008 гг.; 2 – район эпицентров 26 и 27 мая 2021 г.; 3 – граница соляно-купольной тектоники; 4, 5 – 6- и 5-балльные зоны соответственно, на карте районирования [24]; 6, 7 – разлом, установленный и предполагаемый соответственно, на карте [24].

Природу этих событий, как и известных землетрясений с эпицентрами несколько севернее, сильнейшие из которых, Шалкарское 26.04.2008 г. и более ранние, 26.06.1976 г. и 14.05.1989 г. (рис. 6), предположительно можно отнести к естественным тектоническим явлениям, связанным с карстовым процессом и активным соляным диапиризмом [26]. Что касается майских событий 2021 г., их эпицентры попадают в область диагонального глубинного разлома, предположительно выделяемого в этом районе (как можно видеть на фрагменте карты Общего сейсмического районирования территории Казахстана из [24], рис. 6), что свидетельствует в пользу предположения об их тектонической природе.

На территории ВЕП в 2021 г. сейсмическими станциями регистрировались также техногенные события взрывного характера на карьерах, где проводится добыча полезных ископаемых [27].

**Заключение.** Проявления сейсмичности на территории Восточно-Европейской платформы в 2021 г. несколько отличались от предыдущих лет. Сейсмическая активность наблюдалась в основном на юге и севере платформы: в зоне сочленения Воронежского кристаллического массива с Днепровско-Донецким авлакогеном, включая Донбасс, и на Балтийском щите, в Хибинском массиве Мурманской области. Впервые в каталог включены два события 26 мая в  $22^{\text{h}}17^{\text{m}}$  с  $M_s^{\text{IDC}}=3.6$  и 27 мая в  $02^{\text{h}}16^{\text{m}}$  с  $mb^{\text{NNC}}=3.3$  в северо-западной зоне Прикаспия, природа которых определена как «естественные тектонические явления, возможно, связанные с карстовым процессом и активным соляным диапиризмом в этом районе» [26]. Изучение таких явлений, особенно в этом районе, крайне важно, так как в период 1966–1979 гг. вблизи него на полигоне Азгир проводились мирные ядерные взрывы в массиве каменной соли, в результате чего были созданы подземные полости различного объема. Слежение за целостностью этих образований и сейсмичностью вблизи них необходимо, так как сейсмические события вблизи испытательных площадок могут вызвать неблагоприятные экологические последствия.

Общее число локализованных в 2021 г. землетрясений – 225 сейсмических событий тектонической и техногенно-тектонической природы, что близко к суммарному числу зарегистрированных событий за шестилетний период 2013–2018 гг. При этом суммарный объем выделившейся сейсмической энергии в 2021 г. составил  $\Sigma E=15.62 \cdot 10^9$  Дж, что в 2 раза выше, чем в 2020 г.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках госзадания № 075-00604-25 и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира».

В подготовке электронных приложений к данной статье принимали участие: И.Л. Аристова, В.Э. Асминг, Е.А. Бабкова, С.В. Баранов, И.П. Габсатарова, Н.В. Ваганова, С.Г. Волосов, А.Г. Гоев, Т.В. Данилова, М.А. Ефременко, В.В. Карпинский, О.В. Карпинская, И.С. Ковалева, О.А. Коломиец, Я.В. Конечная, Н.Л. Константиновская, Н.А. Лукаш, В.А. Мещерякова, Л.М. Мунирова, Л.И. Надёжка, Н.Н. Носкова, Н.М. Панас, С.И. Петров, С.П. Пивоваров, Р.С. Пивоваров, С.Г. Пойгина, И.А. Санина, И.Н. Соколова, С.А. Тарасов.

**Электронное приложение** App14a\_VEP\_2021 (<http://www.gsras.ru/zse/app-28.html>): 1 – Сейсмические станции, участвующие в определении параметров гипоцентров землетрясений на территории ВЕП в 2021 г.; 2 – Сводный каталог землетрясений территории Восточно-Европейской платформы и ее ближайшего окружения в 2021 г.; 3 – Дополнение к каталогу землетрясений территории Восточно-Европейской платформы в 2021 г. по данным ISC; 4 – Каталог землетрясений на территории «Восточная часть Балтийского щита» за 2021 г. (код центра KOGSR); 5 – Каталог землетрясений территории Республики Коми и сопредельных территорий за 2021 г. (код центра IGKR); 6 – Каталог землетрясений Северо-Запада России (код центра OBGSR (PUL)) за 2021 г.; 7 – Каталог землетрясений на территории южной части России за 2021 г. (код центра OBGSR); 8 – Каталог землетрясений на территории Воронежского кристаллического массива за 2021 г. (код центра VMGSR); 9 – Каталог возможно землетрясений в районе Северного Прикаспия в 2021 г. по данным различных центров.

## Литература

1. Маловичко А.А., Петрова Н.В., Габсатарова И.П., Левина В.И., Михайлова Р.С., Курова А.Д. Сейсмичность Северной Евразии в 2021 г. // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2025. – Вып. 28 (2021). – С. 10–31. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.01> EDN: DEVSSU
2. Носкова Н.Н., Габсатарова И.П., Баранов С.В., Ваганова Н.В., Зуева И.А., Ковалева И.С., Конечная Я.В., Карпинская О.В., Лебедев А.А., Мещерякова В.А., Бакунович Л.И., Морозов А.Н., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Петров С.И., Пивоваров С.П. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейская платформы и ближайшего окружения в 2020 г. // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 189–197. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.17> EDN: HVJCFV
3. Фёдоров А.В., Асминг В.Э., Евтюгина З.А., Прокудина А.В. Система автоматического мониторинга сейсмичности Европейской Арктики // *Сейсмические приборы*. – 2018. – Т. 54. – № 1. – С. 29–39. DOI: <https://doi.org/10.21455/si2018.1-3>, EDN: YUOLJG
4. Носкова Н.Н., Попов И.В., Машин Д.О. Новый пункт сейсмических наблюдений на территории Республики Коми // *Геофизические исследования*. – 2023. – Т. 24, № 3. – С. 52–68. DOI: <https://doi.org/10.21455/gr2023.3-3>
5. Носкова Н.Н., Асминг В.Э. Уточнение параметров ряда сейсмических событий, произошедших в Воркутинском районе Республики Коми в 1971–2016 гг. // *Геофизические исследования*. – 2018. – Т. 19, № 4. – С. 46–63. DOI: <https://doi.org/10.21455/gr2018.4-4>
6. Носкова Н.Н., Асминг В.Э., Федоров А.В. Сейсмическое событие на шахте «Комсомольская» 25 января 2018 г. // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. – 2018. – № 4. – С. 21–27. DOI: <https://doi.org/10.15372/FTPRPI20180403>
7. Носкова Н.Н., Верхованцев Ф.Г., Асминг В.Э., Ваганова Н.В., Попов И.В. Сейсмические события в Воркутском углепромышленном районе в 2023 году // *Вестник геонаук*. – 2024. – № 1 (349). – С. 34–42. DOI: <https://doi.org/10.19110/geov.2024.1.4>
8. Носкова Н.Н. Землетрясение 5 сентября 2019 года в Сосногорском районе Республики Коми // *Известия Коми НЦ УрО РАН*. – 2019. – № 4 (40). – С. 45–49.
9. Носкова Н.Н. Сейсмическое событие 9 апреля 2024 г. в Сосногорском районе Республики Коми / Всероссийская конференция с международным участием «III Юдахинские чтения»: сборник научных материалов, 25–28 июня 2024 г., Архангельск. – Архангельск: КИРА, 2024. – С. 432–436.
10. Носкова Н.Н. Новые данные о сейсмичности северной части Урала // *Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН*. – 2016. – № 3 (255). – С. 3–12. DOI: <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2016-3-3-12>
11. Габсатарова И.П., Ассиновская Б.А., Баранов С.В., Карпинский В.В., Конечная Я.В., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Никулин В.Г., Носкова Н.Н., Петров С.И., Пивоваров С.П., Санина И.А. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейской платформы и ближайшего окружения в 2015 г. // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 182–191. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.17>
12. Габсатарова И.П., Ассиновская Б.А., Баранов С.В., Карпинский В.В., Конечная Я.В., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Носкова Н.Н., Петров С.И., Пивоваров С.П., Санина И.А. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейская платформы и ближайшего окружения в 2018–2019 гг. // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 210–216. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.17> EDN: OQLBBZ
13. 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.
14. Асминг В.Э. Создание программного комплекса для автоматизации детектирования, локации и интерпретации сейсмических событий и его использование для изучения сейсмичности Северо-Западного региона: Дис. на соиск. уч. степ. канд. ф.-м. наук – М.: ИДГ РАН, 2004. – 128 с.
15. Hicks E.C., Kværna, T., Mykkeltveit, S., Schweitzer, J., & Ringdal, F. Travel-times and attenuation relations for regional phases in the Barents Sea Region // *Pure and Applied Geophys.* – January, 2004. – V. 161, N 1. – P. 1–19.
16. Габсатарова И.П., Ассиновская Б.А., Баранов С.В., Карпинский В.В., Конечная Я.В., Мунирова Л.М., Надёжка Л.И., Носкова Н.Н., Петров С.И., Пивоваров С.П., Санина И.А. Сейсмичность Российской части Восточно-Европейская платформы и ближайшего окружения в 2016–2017 гг. // *Землетрясения Северной Евразии*. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 196–205. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.17> EDN: APIGYQ
17. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // *Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР, № 9 (176))*. – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 109.
18. Гарецкий Р.Г. Особенности тектоники и геодинамики Восточно-Европейской платформы // *Литосфера*. – 2007. – № 2. – С. 3–13.
19. Макаров В.И., Макарова Н.В., Несмеянов С.А. и др. Новейшая тектоника и геодинамика: область сочленения Восточно-Европейской платформы и Скифской плиты. – М.: Наука, 2006. – 206 с.
20. Макарова Н.В., Макеев В.М., Дорожко А.Л., Суханова Т.В., Коробова И.В. Геодинамические системы и геодинамически активные зоны Восточно-Европейской платформы // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический*. – 2016. – Т. 91, № 4–5. – С. 9–26.

21. Баранов С.В., Асминг С.В., Асминг В.Э., Карпинский В.В., Лебедев А.А., Мунирова Л.М., Пойгина С.Г. Восточная часть Балтийского щита // Землетрясения России в 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – С. 116–119.
22. Андрушин И.А., Богдан В.В., Ващинкин С.А., Зеленцов С.А., Золотухин Г.Е., Каримов В.М., Кириченко В.В., Матушенко А.М., Силкин Ю.А., Струков В.Г., Харитонов К.В., Чернышев А.К., Цыркв Г.А., Цыркв М.П. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949–1990 гг. – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1996. – 66 с.
23. Ахметжанова Д.С., Севериненко М.А., Глущенко В.Н., Байсейтов Д.А., Макарова В.А., Козтаева У.П. Оценка радиационно-экологического состояния подземных вод на территории бывшего испытательного полигона Азгир в Западном Казахстане // Journal of Geography and Environmental Management. – 2023. – 69(2). DOI: <https://doi.org/10.26577/JGEM.2023.v69.i2.10>
24. Садыкова А.Б. Сейсмическая опасность территории Казахстана. – Алматы: Хай Текнолоджи, 2012. – 267 с.
25. Соколова И.Н., Габсатарова И.П. Проявления сейсмичности на слабоактивной территории северо-восточного Прикаспия // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2024. – Т. 51, № 3. – С. 107–131. DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2024.3-6>
26. Михайлова Н.Н., Великанов А.Е. О природе Шалкарского землетрясения (Западный Казахстан, 26 апреля 2008 года // Промышленность Казахстана 12.2008–02.2009. – № 6 (51) – 1(52). – С. 52–55.
27. Part V-2021. 2021-ER\_App24\_Catalogs\_explosions.xls // Землетрясения России в 2021 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2023. – [Электронное приложение]. – URL: [http://www.gsras.ru/zr/app\\_24.html](http://www.gsras.ru/zr/app_24.html)

### ***SEISMICITY of the RUSSIAN PART of EAST EUROPEAN PLATFORM and ADJACENT TERRITORIES in 2021***

***S.V. Baranov<sup>1</sup>, I.P. Gabsatarova<sup>2</sup>, M.A. Efremenko<sup>2</sup>, O.V. Karpinskaya<sup>4</sup>, I.S. Kovaleva<sup>1</sup>,  
L.M. Munirova<sup>4</sup>, L.I. Nadezhka<sup>3</sup>, N.N. Noskova<sup>5</sup>, S.P. Pivovarov<sup>2</sup>, I.N. Sokolova<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Kola Branch of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia*

<sup>2</sup>*Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russia, ira@gsras.ru*

<sup>3</sup>*Federal State Budgetary Educational University “VSU”, Voronezh, Russia*

<sup>4</sup>*Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia*

<sup>5</sup>*Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia*

**Abstract.** In 2021, seismic monitoring of the Russian territory of the East European Platform was carried out by 41 stationary seismic stations. Two new stations were opened: “Umba” (UMBA) on the Baltic Shield and “Inta” (INO) in the Komi Republic. 225 seismic events of tectonic and man-made-tectonic nature were recorded. Weak natural and natural-man-made seismicity was recorded on the Kola Peninsula. The most significant earthquakes in magnitude with  $M \sim 3$  occurred in the Dnieper-Donets aulacogen. For the first time, earthquakes of the Caspian on salt-dome region of the Caspian Basin were included in the EEP earthquake catalog. Monitoring seismicity in this zone is necessary, since peaceful nuclear explosions were previously carried out here. The total volume of seismic energy released in 2021 is  $\Sigma E = 15.62 \cdot 10^9 J$ , which is approximately close to the energy released in 2017 and 2019.

**Keywords:** earthquake, weak seismicity, natural and man-made seismic events, Baltic shield, Dnieper-Donets aulacogen

**For citation:** Baranov, S.V., Gabsatarova, I.P., Efremenko, M.A., Karpinskaya, O.V., Kovaleva, I.S., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Noskova, N.N., Pivovarov, S.P., & Sokolova, I.N. (2025). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 189–199. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.17> EDN: QJGQQP

### **References**

1. Malovichko, A.A., Petrova, N.V., Gabsatarova, I.P., Levina, V.I., Mikhailova, R.S., & Kurova, A.D. (2025). [Seismicity of Northern Eurasia in 2021]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 28(2021), 10–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2025.28.01> EDN: DEVSSU
2. Noskova, N.N., Gabsatarova, I.P., Baranov, S.V., Vaganova, N.V., Zueva, I.A., Kovaleva, I.S., Konechnaya, Ya.V., Karpinskaya, O.V., Lebedev, A.A., Meshcheryakova, V.A., Bakunovich, L.I., Morozov, A.N., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Petrov, S.I., & Pivovarov, S.P. (2024). [Seismicity of the Russian part of the East European Platform and adjacent territories in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 189–197. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.17> EDN: HVJCFV
3. Fedorov, A.V., Asming, V.E., Evtyugina, Z.A., & Prokudina, A.V. (2018). Automatic seismicity monitoring system for the European Arctic. *Seismic instruments*, 54(1), 29–39. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21455/si2018.1-3> EDN: YUOLJG

4. Noskova, N.N., Popov, I.V., & Mashin, D.O. (2023). New seismic observation point on the territory of the Komi Republic. *Geofizicheskie issledovaniya* [Geophysical Research], 24(3), 52–68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21455/gr2023.3-3>
5. Noskova, N.N., & Asming, V.E. (2018). Update of parameters of some seismic events in the Vorkuta area within 1971–2016. *Geofizicheskie issledovaniya* [Geophysical Research], 19(4), 44–63. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21455/gr2018.4-4>
6. Noskova, N.N., Asming, V.E., & Fedorov, A.V. (2018). Seismic Event in the Komsomolskaya Mine on the 25th of January, 2018. *Journal Mining Science*, 54(4), 550–555. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1062739118043990>
7. Noskova, N.N., Verkholtantsev, F.G., Asming, V.E., Vaganova, N.V., & Popov, I.V. (2024). Seismic events in the Vorkuta coal industrial district in 2023. *Vestnik instituta geologii Komi nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya RAN* [Vestnik of Geosciences], 1(349), 34–42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.19110/geov.2024.1.4>
8. Noskova, N.N. (2019). Earthquake on September 5, 2019 in the Sosnogorsk region of the republic of Komi. *Izvestia Komi Scientific Center Ural Branch RAS*, 4(40), 45–49. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.19110/1994-5655-2019-4-45-49>
9. Noskova, N.N. (2024). [Seismic event on April 9, 2024 in the Sosnogorsk region of the Komi Republic]. In *III Judahinskie chteniya: sbornik nauchnykh materialov, Arhangel'sk, 25–28 iyunya 2024 goda* [In the collection of scientific materials: III Yudakhin readings] (pp. 432–436). Arkhangelsk, Russia: KIRA Publ. (In Russ.).
10. Noskova, N.N. (2016). New data on northern Urals seismicity. *Vestnik instituta geologii Komi nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya RAN* [Vestnik of Geosciences], 3(255), 3–12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2016-3-3-12>
11. Gabsatarova, I.P., Assinovskaya, B.A., Baranov, S.V., Karpinsky, V.V., Mekhryushev, D.Yu., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Nikulin, V.G., Noskova, N.N., Petrov, S.I., Pivovarov, S.P., & Sanina, I.A. (2021). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 182–191. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.17>
12. Gabsatarova, I.P., Assinovskaya, B.A., Baranov, S.V., Karpinsky, V.V., Konechnaya, Ya.V., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Noskova, N.N., Petrov, S.I., Pivovarov, S.P., & Sanina, I.A. (2023). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 210–216. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.17> EDN: OQLBBZ
13. Krasilov, S.A., & Semenov, A.M. (2007). [Supplying DPC VCM with hardware-software tools for making supervision in a near real time mode with an example of a seismic station «Storozhevoye»]. In *Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh. Tezisy II Mezhdunarodnoj seismologicheskoy shkoly* [Modern methods of processing and interpretation of seismological data. Abstracts of the II International Seismological Workshop] (pp. 117–120). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
14. Asming, V.E. (2004). [Programming complex for automatization of detection, location and interpretation of the seismic events and its application for the study of the seismicity of the North-Western region. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, Russia: IDG RAS Publ., 272 p. (In Russ.).
15. Hicks, E.C., Kværna, T., Mykkeltveit, S., Schweitzer, J., & Ringdal, F. (2004). Travel-times and attenuation relations for regional phases in the Barents Sea Region. *Pure and Applied Geophys*, 161(1), 1–19.
16. Gabsatarova, I.P., Assinovskaya, B.A., Baranov, S.V., Karpinsky, V.V., Konechnaya, Ya.V., Munirova, L.M., Nadezhka, L.I., Noskova, N.N., Petrov, S.I., Pivovarov, S.P., & Sanina, I.A. (2022). [Seismicity of the Russian part of East European platform and adjacent territories in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 196–205. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.17> EDN: APIGYQ
17. Rautian, T.G. (1960). [Energy of earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti (Trudy IFZ AN SSSR, № 9(176))* [Methods of Detail Study of Seismicity] (pp. 75–114). Moscow, Russia: Inst. Fiz. Zemli Akad. Nauk SSSR Publ. (In Russ.).
18. Garetsky, R.G. (2007). [Peculiarities of tectonics and geodynamics of the East European platform]. *Litosfera* [Lithosphere], 2, 3–13. (In Russ.).
19. Makarov, V.I., Makarova, N.V., Nesmeyanov, S.A. et al. (2006). *Geodinamicheskie sistemy i geodinamicheski aktivnye zony Vostochno-Evropejskoj platformy* [Recent tectonics and geodynamics: the junction area of the East European platform and the Scythian plate]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 206 p. (In Russ.).
20. Makarova, N.V., Makeev, V.M., Dorozhko, A.L., Sukhanova, T.V., & Korobova, I.V. (2016). Geodynamic systems and geodynamically active zones of the East European platform. *Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Geological Department*, 91(4–5), 9–26. (In Russ.).
21. Baranov, S.V., Asming, S.V., Asming, V.E., Karpinsky, V.V., Lebedev, A.A., Munirova, L.M., & Poygina, S.G. (2023). [Eastern part of the Baltic Shield]. In *Zemletriaseniia Rossii v 2021 godu* [Earthquakes in Russia in 2021] (pp. 116–119). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
22. Andryushin, I.A., Bogdan, V.V., Vaschinkin, S.A., Zelencov, S.A., Zolotuhin, G.E., Karimov, V.M., Kirichenko, V.V., Matuschenko, A.M., Silkin, Yu.F., Strukov, V.G., Haritonov, K.V., Chernyshev, A.K., Cyrkov, G.A., & Shumaev, M.P. (1996). *Ispytaniya yadernogo oruzhiya i yadernye vzryvy v mirnykh celyah SSSR. 1949–1990 gg.* [Nuclear Weapons Tests and Peaceful Nuclear Explosions 1949 through 1990, USSR]. Sarov, Russia: RFNC-VNIIEF Publ., 66 p. (In Russ.).

23. Akhmetzhanova, D.S., Severinenko, M.A., Gluchshenko, V.N., Baiseitov, D.A., Makarova, V.A., & Koztaeva, U.P. (2023). [Assessment of the radiation-ecological state of groundwater on the territory of the former Azgir test site in Western Kazakhstan]. *Journal of Geography and Environmental Management*, 69(2), 110–126. DOI: <https://doi.org/10.26577/JGEM.2023.v69.i2.10>
24. Sadykova, A.B. (2012). *Seismicheskaya opasnost' territorii Kazakhstana* [Seismic hazard of the territory of Kazakhstan]. Almaty, Kazakhstan: High Technology Publ., 267 p. (In Russ.).
25. Sokolova, I.N., & Gabsatarova, I.P. (2024). [Seismicity manifestations in the low-active territory of the north-eastern Caspian region]. *Voprosy Inzhenernoï Seismologii* [Problems of Engineering Seismology], 51(3), 107–131. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21455/VIS2024.3-6>
26. Mikhailova, N.N., & Velikanov, A.E. (2009). On the nature of Shalkar earthquake (Western Kazakhstan, APRIL 26, 2008). *Industry of Kazakhstan 12.2008–02.2009*, 6(51)–1(52), 52–55. (In Russ.).
27. Part V-2021. 2021-ER\_App24\_Catalogs\_explosions\_2021.xls]. (2024). In *Zemletriaseniia Rossii v 2021 godu* [Earthquakes in Russia in 2021]. Obninsk, Russia: GS RAS Publ. Electronic supplement. Retrieved from [http://www.gsras.ru/zr/app\\_21.html](http://www.gsras.ru/zr/app_21.html).