

**ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 20 мая 2014 г. с $ML=2.8$, $I_0=4-5$
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН**

Ф.Г. Верхованцев¹, Р.А. Дягилев¹, И.В. Голубева¹, Н.С. Гусева²

¹ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, sombra@mail.ru,
²ГИ УрО РАН, г. Пермь, natali.guseva.2010@mail.ru

Аннотация. Приведены макросейсмические данные по землетрясению 20.05.2014 в 18^h26^m UTC, $ML=2.8$, $I_0=4-5$ в Чишминском районе Республики Башкортостан. Землетрясение рассматривается как наиболее сильное в рое сейсмических событий, инструментально зарегистрированных в этом районе с марта по сентябрь 2014 года. Обосновано разделение этих событий на две группы: тектонические и индуцированные природно-техногенные.

Ключевые слова: наведенная сейсмичность, нефтяное месторождение, исторические землетрясения, гипоцентр, макросейсмическое поле.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.32

Для цитирования: Верхованцев Ф.Г., Дягилев Р.А., Голубева И.В., Гусева Н.С. Землетрясение 20 мая 2014 г. с $ML=2.8$, $I_0=4-5$ в центральной части Республики Башкортостан // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 317–322. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.32

Введение. 20 мая 2014 г. в 23^h26^m местного времени (18^h26^m по Гринвичу) в 26 км к юго-западу от г. Уфа произошло землетрясение с магнитудой $ML=2.8$. Несмотря на небольшую магнитуду, данное событие имело ощутимые макросейсмические проявления в шести населенных пунктах Чишминского и Уфимского районов Республики Башкортостан. Произошедшее землетрясение стало причиной повышенного внимания к данной территории. Ранее она не имела существенных отличий в проявлениях сейсмичности, так как имеющаяся сейсмическая сеть обеспечивает здесь представительную регистрацию, начиная с магнитуды $ML=2.6$. Результатом более детального рассмотрения стало выявление множества слабых событий, которые до появления в 2013 г. сейсмической станции «Уфа», вероятно, имели место в данном районе, но оставались незамеченными.

Инструментальные данные. Отличительной чертой землетрясения 20 мая 2014 г. является то, что при схожести магнитуд с другими землетрясениями в данном районе (например, 01.09.2014), выделить P - и S -волны удалось только на ближайших станциях – «Арти» (ARU) и «Кунгур» (PR3R), что косвенно указывает на небольшую глубину очага. Наиболее качественные записи данного события (рис. 1) получены только на сейсмической станции «Уфа» (BA1R) (гипоцентральное расстояние 6 км). Именно по ним с помощью поляризационного анализа удалось определить положение эпицентра и глубину очага [1]: $\varphi=54.55^\circ\text{N}$, $\lambda=55.65^\circ\text{E}$, $h=4$ км. Магнитуда $ML=2.8$ рассчитана также только по этой станции. Механизм очага из-за недостатка данных не выявлен. Решений для очага, полученных другими агентствами, не имеется по той же причине.

Макросейсмические сведения. Наиболее сильно (4–5 баллов по шкале MSK-64) землетрясение ощущалось в с. Кляшево. Здесь отмечены тряска и дрожание почвы, был слышен гул, звенела посуда, наблюдалось колебание жидкости в емкостях. Некоторые люди были сильно напуганы и выбегали из домов. Повреждений зданий не обнаружено. В деревьях Арово и Лекаревка в помещениях люди ощущали сильные тряску и дрожание почвы, скрип и подрагивание окон и дверей. Повреждений зданий также не обнаружено. Менее сильно тряску и дрожь ощущали в с. Черниговка, д. Боголюбовка и СНТ «Шомырт». При содействии «Центра космических услуг» БашГУ сотрудниками ФИЦ ЕГС РАН было выполнено макросейсмическое обследование, всего было собрано 90 анкет в 27 населенных пунктах [1], расположенных вокруг инструментально определенного эпицентра. Сведения об интенсивности, в баллах шкалы MSK-64, обобщены в табл. 1. По результатам обработки макросейсмических анкет была построена карта макросейсмического поля (рис. 2).

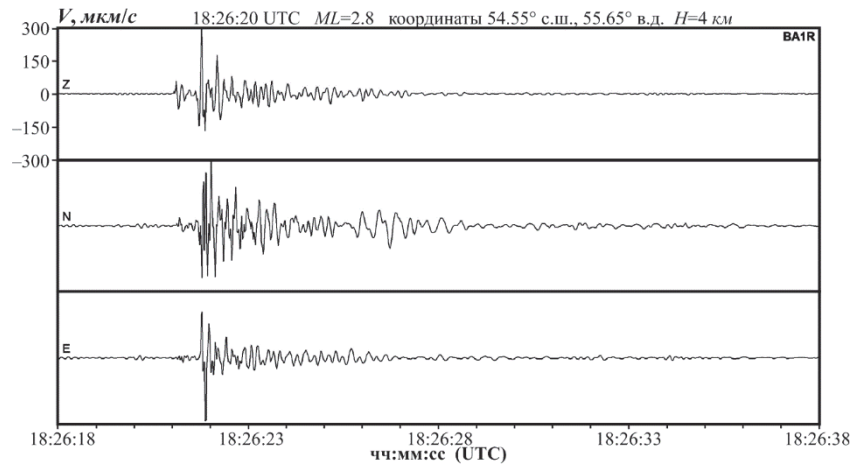


Рис. 1. Сейсмограмма землетрясения, произошедшего 20 мая 2014 г. в 18^h26^m в Чишминском районе Республики Башкортостан

Таблица 1. Макросейсмические данные о землетрясении 20 мая 2014 г.

№	Пункт	Δ, км	Координаты пункта	
			φ°, N	λ°, E
4–5 баллов				
1	Кляшево	1.6	54.56	55.66
3–4 балла				
2	Лекаревка	3.7	54.60	55.69
3	Арово	4.0	54.57	55.59
3 балла				
4	Черниговка	5.0	54.60	55.58
2–3 балла				
5	Боголюбовка	4.9	54.53	55.62
6	СНТ «Шомырт»	6.2	54.57	55.74
Не ощущалось				
7	Юматово	4.7	54.61	55.67
8	Глумилино	6.3	54.60	55.73
9	Добовка	6.5	54.54	55.73
10	Новомихайловка	6.6	54.62	55.59

№	Пункт	Δ, км	Координаты пункта	
			φ°, N	λ°, E
11	Каран-Елга	7.4	54.51	55.66
12	Осоргино	7.9	54.54	55.76
13	Сайраново	8.1	54.50	55.63
14	Новый Беркадак	8.3	54.61	55.54
15	Уптино	8.6	54.64	55.70
16	Марусино	9.0	54.52	55.55
17	Алкино	9.1	54.64	55.56
18	Таптыково	9.5	54.61	55.79
19	Мысовцево	9.8	54.64	55.74
20	Авдон	11.5	54.67	55.72
21	Кара-Якулово	11.8	54.56	55.47
22	Жуково	11.8	54.65	55.77
23	Нижегородка	13.5	54.61	55.85
24	Илькашево	14.1	54.60	55.44
25	Чишмы	17.4	54.58	55.38

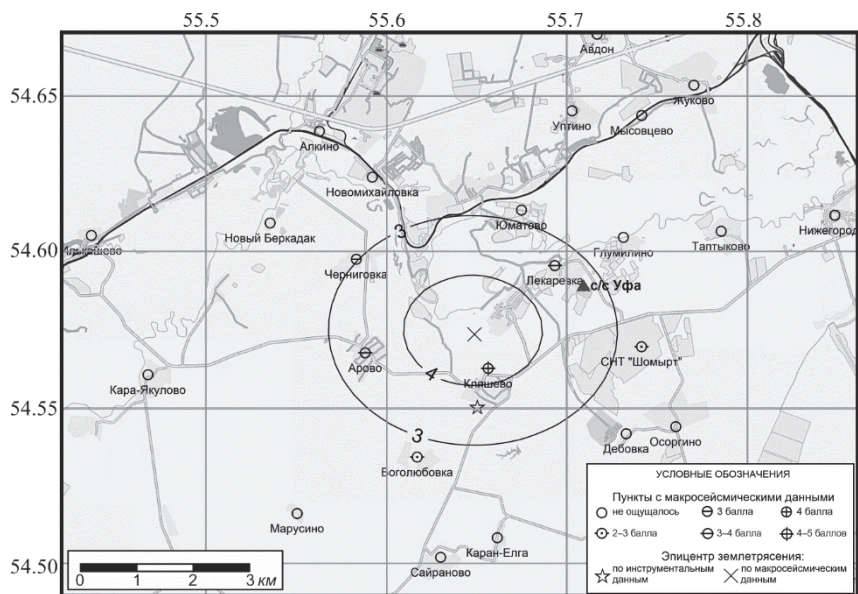


Рис. 2. Карта макросейсмического поля для события 20.05.2014 с $ML=2.8$

Наличие макросейсмического поля позволило произвести с помощью уравнения Н.В. Шенбалина для условий Восточно-Европейской платформы, Урала и Западной Сибири [2] оценку макросейсмической глубины h_m (табл. 2) двумя способами: через интенсивность в эпицентре (1) и через площадь высшей изосейсты (2) [3]. Представленные в таблице глубины получены для магнитуды M_s , рассчитанной из соотношения (3) [4].

$$I_0=1.5 M-3.5\lg h+3.0 \quad (1)$$

$$\lg\left(\frac{S_0}{\pi h^2}+1\right)=(I_0-I_i)/1.75 \quad (2)$$

$$M_s=1.27(M_L-1)-0.016M_L^2 \quad (3)$$

Таблица 2. Определение глубины очага события 20 мая 2014 г. по макросейсмическим данным

№	Зависимость	Глубина h_m , км	Ошибка определения глубины, км
1	$I_0=1.5 M-3.5\lg h+3.0$ (1)	3.1	± 0.9
2	$\lg\left(\frac{S_0}{\pi h^2}+1\right)=(I_0-I_i)/1.75$ (2)	1.6	± 1.3

Учитывая величину ошибок, глубина, полученная по результатам обработки макросейсмических данных, близка к инструментальному определению, $h=4$ км.

Анализ исторической и современной сейсмичности в очаговой зоне. Выполнен анализ всех доступных каталогов, содержащих сведения о сейсмичности центральной части Башкортостана до 2000 г. – времени начала работы региональной сейсмологической сети, которая позволила получить наиболее объективные данные о сейсмичности Урала. Из данных каталогов были отбракованы события, относящиеся к другим территориям, а также недостоверные (табл. 3).

Таблица 3. Исторические землетрясения в центральной части Башкортостана

№	Дата			Время в очаге	Эпицентр		I_0 (MSK-64)	Район	Примечание	Источник
	год	мес	день		φ , °N	λ , °E				
1	1549	–	–	–	54.60	55.43	5–6	с. Сарт-Хосяново, Чишминский р-н (ныне Илькашево)		[5]
2	1866	11	28	14 00	54.50	54.30	4	д. Батырчи-Кубово, Белебейский р-н	обвальное	[6]
3	1879	01	14	05 00	54.25	57.00	–	д. Беисово, близ г. Уфа	обвальное	[6]
4	1904	09	02	10 20	54.50	56.50	4	д. Ерош, близ г. Уфа		[6]

Из табл. 3 видно, что ближе всего к эпицентру события 20 мая 2014 г. находится эпицентр сильного исторического землетрясения 1549 г. (п. 1). Если же рассматривать события в инструментальный период наблюдения, то стоит отметить еще одно ощутимое землетрясение 30 марта 2005 г., упомянутое в работе [7]. Судя по представленным макросейсмическим данным, эпицентр находился недалеко от села Арово, а интенсивность I_0 достигала 4–5 баллов по MSK-64. Данное событие имело значительное сходство с землетрясением 20 мая 2014 г. не только по макросейсмике, но и по характеру волновых форм. Ретроспективный анализ сейсмограмм показал наличие слабо различимых сигналов только на ближайших сейсмических станциях – «Арти» (ARU) и «Кунгур» (PR3R). Эти данные позволили инструментально подтвердить реальность землетрясения 30 марта 2005 г. и определить его точное время (14^h28^m по Гринвичу), координаты эпицентра ($\varphi=54.57^\circ N$, $\lambda=55.62^\circ E$) и магнитуду ($M_L=2.1$) [8].

Исходя из предположения, что похожие события, но с меньшими магнитудами, могли остаться незамеченными, весь доступный интервал времени для станции «Уфа» был пересмотрен с помощью кросс-корреляционного детектора [9, 10], эталоном для которого послужили записи землетрясения 20 мая 2014 г. В результате проделанной работы в 2014 г. на территории Чишминского района выявлено еще 20 сейсмических событий в диапазоне магнитуд M_L от 1.0 до 2.8, вошедших в региональный каталог [11]. Параметры большинства из них определены только по одной станции «Уфа», поэтому их координаты почти не различимы. Некоторые события были также обнаружены на записях других соседних станций. Наиболее интересно сравнение событий 20.05.2014 г. в 18^h26^m (событие 1) и 01.09.2014 г. в 21^h00^m (событие 2). Имея одинаковую

магнитуду ($M_L=2.8$) и близкое расположение гипоцентра, они отличаются по нескольким признакам:

1. Событие 1 имело интенсивность в эпицентре $I_0=4-5$ баллов, в то время как Событие 2 не имело макросейсмических проявлений;
2. Событие 2 зарегистрировано всеми станциям Уральской сети [11], а также присутствует в каталоге KNDC [12], а Событие 1 зарегистрировано только тремя ближайшими станциями [11];
3. Инструментально определенная глубина для События 2 составила 20 км.

Все остальные события показали значительное сходство с землетрясением 20 мая 2014 г. Рассматривая все эти события в совокупности, можно сказать, что в общей последовательности прослеживается четыре коротких серии по 3–7 событий, каждая из которых продолжается несколько дней (четыре дня в марте, два дня в мае, 14 дней в июле и шесть дней в сентябре). Все эти события, как в рамках каждой серии, так и в целом, можно определить как некий рой, поскольку их эпицентры очень близки, а магнитуды меняются во времени достаточно произвольно.

Тектоническая позиция очага. Вопрос природы землетрясения 20 мая 2014 г. и всех других сопутствующих ему событий требует отдельного рассмотрения. В целом вся территория Республики Башкортостан и ее центральные районы в частности хорошо изучены геофизическими методами [13]. Глубина залегания кровли кристаллического фундамента, с которым в платформенных областях обычно ассоциируют тектонические землетрясения, здесь составляет 8–10 км [14]. Это значительно превышает полученные оценки глубины гипоцентра землетрясения 20 мая 2014 г. В данной обстановке наиболее вероятным стоит считать индуцированный характер возникшего роя землетрясений. Этот вывод основывается на том, что отмеченные события пространственно приурочены к Сергеевско-Деминскому грабену, выделяемому в допалеозойском осадочном чехле ВЕП. Эта тектоническая структура контролирует Алкинское, Сергеевское и другие нефтяные месторождения [15], а сами события попадают в контур Алкинского месторождения, разработка которого продолжается по настоящее время, и по многим признакам проявления схожи с индуцированной сейсмичностью, сопровождающей добычу углеводородов [16]. Все это позволяет классифицировать 20 приповерхностных очагов как наведенные (индуцированные) землетрясения, спровоцированные некомпенсированной откачкой углеводородов.

Одно из событий в этом же районе, произошедшее 1 сентября 2014 г. на глубине 20 км, следует считать тектоническим, поскольку его очаг привязан к Благовещенской впадине кристаллического фундамента, имеющей разломно-блоковую структуру [14].

Заключение. Результатом подробного рассмотрения события 20 мая 2014 г. стало обнаружение новой локальной зоны сейсмической активности в Чишминском районе, которая время от времени проявляла себя в виде отдельных слабых землетрясений со значительным макросейсмическим эффектом. Последние инструментальные данные явно свидетельствуют, что такие землетрясения стали происходить чаще, и появление сейсмической станции в непосредственной близости от данной зоны позволило обнаружить в 2014 г. целый рой из двух десятков очень схожих между собой землетрясений. Плотное локальное расположение и небольшая глубина очагов делают разработку соседствующего с эпицентрами Алкинского нефтяного месторождения основной причиной возникновения такого роя. Представляется, что энергия для такого рода роевой сейсмичности копится в результате перераспределения тектонических напряжений, обычно возникающих при некомпенсированной откачке флюидов с глубины.

Л и т е р а т у р а

1. Верховланцев Ф.Г., Верховланцева Т.В., Голубева И.В., Гусева Н.С. Результаты инструментального сейсмологического мониторинга на Урале в 2014 году // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Десятой Международной сейсмологической школы / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 66–70.
2. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – 536 с.
3. Сейсмическое районирование СССР / Под ред. С.В.Медведева. – М.: Наука, 1968. – 476 с.
4. Gutenberg, B., and Richter, C. F. (1956). Magnitude and energy of earthquakes. *Annali di Geofisica*. –V. 9. – N. 1. – P. 1–15.

5. Шакуров Р.К., Шакуров Д.Р. Свод сведений о землетрясениях республики Башкортостан с середины XVI века по 2004 г. // Геологический сборник № 4. Информационные материалы. – Уфа: ИГ УНЦ РАН, 2004. – С. 53–57.
6. Блинова Т.С. Прогноз геодинамически неустойчивых зон. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 162 с.
7. Шакуров Р.К., Шакуров Д.Р. Сейсмособытие в центральном Башкортостане // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академии наук Республики Башкортостан. – Уфа, 2005. – № 10. – 126 с.
8. Верховланцев Ф.Г., Голубева И.В., Кутушев Ш.-И.Б., Гусева Н.С. Сейсмичность Башкортостана по данным инструментальных наблюдений Уральской сейсмической сети // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XI Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2016. – С. 88–93.
9. Асминг В.Э., Федоров А.В. Возможности применения автоматического детектора-локатора сейсмических событий по одиночной станции для детальных сейсмологических наблюдений // Сейсмические приборы. – 2014. – Т. 50. – № 3. – С. 19–29.
10. Верховланцев Ф.Г., Голубева И.В., Федоров А.В. Применение кросс-корреляционного детектора для мониторинга слабой наведенной сейсмичности по данным сейсмической станции «Уфа» // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы XII Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 87–91.
11. Дягилев Р.А. (отв. сост.), Голубева И.В., Верховланцев Ф.Г., Старикович Е.Н., Белевская М.А., Злобина Т.В., Варлашова Ю.В. Носкова Н.Н. Сводный каталог землетрясений, горных и горно-тектонических ударов на территории Урала и Западной Сибири в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
12. Казахстанский национальный центр данных – URL: <http://www.kndc.kz/index.php/ru>
13. Ардашева Т.С., Беляева Т.В., Валеев Г.З. Региональные геофизические исследования Башкортостана // Геология, полезные ископаемые и проблемы экологии Башкортостана. 1-е Тимергазинские чтения. Материалы межрегиональной конференции. – Уфа: Тау, 2004. – С. 148–161.
14. Масагутов Р.Х. Литолого-стратиграфическая характеристика и палеогеография позднего докембрия Башкирского Приуралья. – М.: Недра, 2002. – 224 с.
15. Баймухаметов К.С., Викторов П.Ф., Гайнуллин К.Х., Сыртланов А.Ш. Геологическое строение и разработка нефтяных и газовых месторождений Башкортостана. – Уфа: РИЦ АНК «Башнефть», 1997. – 424 с.
16. Nicholson, C., Wesson, R.L. Earthquake hazard associated with deep well injection – A report to the U.S. Environmental Protection Agency // U.S. Geological Survey Bulletin, №1951. – 1990. – 74 p.

EARTHQUAKE MAY 20, 2014, $ML=2.8$, $I_0=4-5$

IN THE CENTRAL PART OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

F.G. Verkholtantsev¹, R.A. Diagilev¹, I.V. Golubeva¹, N.S. Guseva²

¹*GS RAS, Obninsk, sombra@mail.ru,*

²*MI UB RAS, Perm, natali.guseva.2010@mail.ru*

Abstract. The article provides macroseismic data on the earthquake 20.05.2014 18^h26^m UTC $ML=2.8$, that had a local but relatively strong macroseismic effect ($I_0=4-5$) in the Chishminsky district of the Republic of Bashkortostan. After the event, macroseismic data were collected in 27 settlements in the epicentral zone. This data allowed to determine the macroseismic epicenter, which is close to the instrumental one. The events in the same area during the historical period were considered in detail and modern seismic records were revised. The data allowed to identify a series of similar seismic events with less magnitudes in 2014. The classification of these activities into two groups has been justified there. There are tectonic and natural events induced by Alkinskoye oil deposit exploration.

Key words: induced seismicity, oil deposit, historical earthquakes, hypocenter, macroseismic field.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.32

For citation: Verkholtantsev, F.G., Diagilev, R.A., Golubeva, I.V., & Guseva, N.S. (2020). [Earthquake May 20, 2014, $ML=2.8$, $I_0=4-5$ in the central part of the republic of Bashkortostan]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 317–322. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.32

References

1. Verkholtantsev, F.G., Verkholtantseva, T.V., Golubeva, I.V., & Guseva, N.S. (2015). [Results of seismic monitoring at the Urals in 2014]. In *Materialy X Mezhdunarodnoi seismologicheskoi shkoly "Sovremennye metody obrabotki i interpretatsii seismologicheskikh dannykh"* [Proceedings of the X International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 66–70). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
2. *Novyi katalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSR s drevneishikh vremen do 1975 g* [New catalogue of strong earthquakes at the territory of the USSR from ancient time till 1975] (1977). Moscow, Russia: Nauka Publ., 536 p. (In Russ.).
3. Medvedev, S.V. (Ed.) (1968). *Seismicheskoe raionirovanie SSSR* [Seismic zonation of the USSR]. Moscow, Russia: Nauka Publ. 476 p. (In Russ.).
4. Gutenberg, B., & Richter, C. F. (1956). Magnitude and energy of earthquakes: *Annali di Geofisica. Annali di Geofisica*, 9(1), 7–12.
5. Shakurov, R.K., & Shakurov, D.R. (2004). [Summary information on earthquakes in Bashkortostan since middle of XVI century till 2004]. In *Geologicheskii sbornik № 4. Informatsionnye materialy* [Geological digest № 4. Information data] (pp. 53–57). Ufa, Russia: IG USC RAS Publ., (In Russ.).
6. Blinova, T.S. (2003). *Prognoz geodinamicheskii neustoichivyykh zon* [Prediction of geodynamically unstable zones]. Ekaterinburg, Russia: UB RAS, 162 p. (In Russ.).
7. Shakurov, R.K., & Shakurov, D.R. (2005). [Seismic event in the central part of Bashkortostan]. *Geologiya. Izvestiia Otdeleniia nauk o Zemle i prirodnykh resursov Akademii nauk Respubliki Bashkortostan* [Geology. Issues of department of Earth's sciences and natural resources of Academy of sciences of Republic of Bashkortostan], 10, 126. (In Russ.).
8. Verkholtantsev, F.G., Golubeva, I.V., Kutushev, Sh.-I.B., & Guseva, N.S. (2016). [Seismicity in Bashkortostan from instrumental observation with Ural seismic network]. 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. 88–93). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
9. Asming, V.E., & Fedorov, A.V. (2014). [Possibility of using single three-component station automatic detector and locator for detailed seismological observations]. *Seismicheskie pribory* [Seismic instruments], 50(3), 19–29. (In Russ.).
10. Verkholtantsev, F.G., Golubeva, I.V., & Fedorov, A.V. (2017). [Application of cross-correlation detector for monitoring weak induced seismicity with seismic station «Ufa»]. 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. 87–91). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
11. Diagilev, R.A., Golubeva, I.V., Verkholtantsev, F.G., Starikov, E.N., Belevskaia, M.A., Zlobina, T.V., Varlashova, Iu.V., & Noskova, N.N. (2020). [Joint catalogue of earthquakes and mine induced events at the territory of the Urals and neighboring areas for 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
12. Kazakhstan national data center. (2020). Retrieved from <http://www.kndc.kz/index.php/ru> (In Russ.).
13. Ardasheva, T.S., Beliaeva, T.V., & Valeev, G.Z. (2004). [Regional geophysical researches in Bashkortostan]. In *Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy ekologii Bashkortostana. 1-e Timergazinskie chteniia. Materialy mezhhregional'noi konferentsii* [Geology, mineral deposits and ecological problems in Bashkortostan. The 1st Timergazinski readings. Proceedings of international conference] (pp. 148–161). Ufa, Russia: Tau Publ. (In Russ.).
14. Masagutov, R.Kh. (2002). *Litologo-stratigraficheskaia kharakteristika i paleogeografiia pozdnego dokembrii Bashkirskogo Priural'ia* [Lithological and stratigraphical characteristics and paleogeography of late Cambrian strata of Priuralie]. Moscow, Russia: Nedra Publ., 224 p. (In Russ.).
15. Baimukhametov, K.S., Viktorov, P.F., Gainullin, K.Kh., & Syrtlanov, A.Sh. *Geologicheskoe stroenie i razrabotka neftiannykh i gazovykh mestorozhdenii Bashkortostana* [Geological structure and oil and gas deposits exploration in Bashkortostan]. Ufa, Russia: RITs ANK «Bashneft» Publ., 424 p. (In Russ.).
16. Nicholson, C., & Wesson, R.L. (1990). Earthquake hazard associated with deep well injection – A report to the U.S. Environmental Protection Agency. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 1951, 74.