

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ Г. НИЖНЕКАМСКА, РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН

Алексей Александрович Еманов

Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора по науке; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, старший научный сотрудник, тел. (383)330-52-66, e-mail: alex@gs.sbras.ru

Екатерина Викторовна Лескова

Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, старший научный сотрудник, e-mail: katya@gs.sbras.ru

Александр Федорович Еманов

Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор технических наук, директор; Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, старший преподаватель, тел. (383)330-12-61, e-mail: emanov@gs.sbras.ru

Александр Владимирович Фатеев

Алтае-Саянский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, ведущий инженер, e-mail: fateev@gs.sbras.ru

Изложены результаты по оценке сейсмической опасности г. Нижнекамска, Республика Татарстан, и прилегающих территорий на основе комплекса сейсмологических, геологических и геоморфологических данных.

Ключевые слова: оценка сейсмической опасности, Татарстан, сейсмичность.

SEISMIC HAZARD ASSESSMENT OF NIZHNEKAMSK, TATARSTAN

Aleksey A. Emanov

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Ph. D., Deputy Research Director; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Senior Researcher in IPGG SB RAS, tel. (383)330-52-66, e-mail: alex@gs.sbras.ru

Ekaterina V. Leskova

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Ph. D., Lead Researcher; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Senior Researcher, e-mail: katya@gs.sbras.ru

Aleksandr F. Emanov

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, D. Sc., Director; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova St., Senior Lecturer, tel. (383)330-12-61, e-mail: emanov@gs.sbras.ru

Aleksander V. Fateev

Altay-Sayan Branch of Geophysical Survey RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Researcher; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Senior Engineer, e-mail: fateev@gs.sbras.ru

The results of the seismic hazard assessment of Nizhnekamsk and adjacent territories of the Tatarstan Republic on the basis of seismological, geological and geomorphological data are presented.

Key words: seismic hazard assessment, Tatarstan, seismicity.

Очередным этапом исследований по оценке сейсмической опасности России стало сейсмическое районирование нашей страны, выполненное в 1990-е годы [10]. Даже к моменту составления карт сейсмического районирования не вся региональная информация была использована в работе из-за большой трудоемкости. С появлением в последние десятилетия высокоточной цифровой регистрирующей аппаратуры и развитием математических методов и современных комплексов программ цифровой обработки больших объемов различной геолого-геофизической информации уточнение сейсмической опасности территории России становится весьма актуальной задачей. Тем не менее до сих пор уточнение сейсмической опасности всей территории России является трудоемкой работой, и в большинстве случаев актуальным становится решение этой задачи по отдельным регионам.

Данная работа ставит своей целью уточнение сейсмической опасности территории г. Нижнекамска Республики Татарстан и прилегающих районов (рисунок).

Основная идея вероятностной оценки сейсмической опасности впервые была предложена Корнеллом [14] и в дальнейшем разрабатывалась многими учеными [12, 13, 16]. Методология, использованная в данной работе, включает в себя следующие шаги: 1) выделение сейсмических зон возможных опасных землетрясений (ВОЗ); 2) оценку повторяемости землетрясений и максимальной магнитуды для каждой из зон ВОЗ; 3) оценку затухания колебаний почвы; 4) вычисление сейсмической опасности в пиковых ускорениях грунта; 5) оценку сейсмической опасности в баллах сейсмической интенсивности по шкале MSK-64.

Сложность в решении поставленной задачи состояла в очень скудном фактическом материале по сейсмичности региона. На территории Республики Татарстан стационарных региональных сейсмостанций нет. Наблюдения за сейсмичностью локальными сетями были эпизодическими и имели ведомственный характер, что в конечном итоге наложило определенный отпечаток на целостность и непрерывность инструментальных сейсмических данных для

этой территории. К тому же сеть сейсмостанций на территории Европейской части России вплоть до 2000 года была чрезвычайно редкой и не обеспечивала регистрации слабых местных землетрясений: до середины XX столетия предельная магнитуда регистрации составляла $M_{пред}=4.5-5.0$; во второй половине XX века – $M_{пред}=4.0-3.5$; в последние 20 лет достигла $M_{пред}=3.0$ на большей ее части [6].

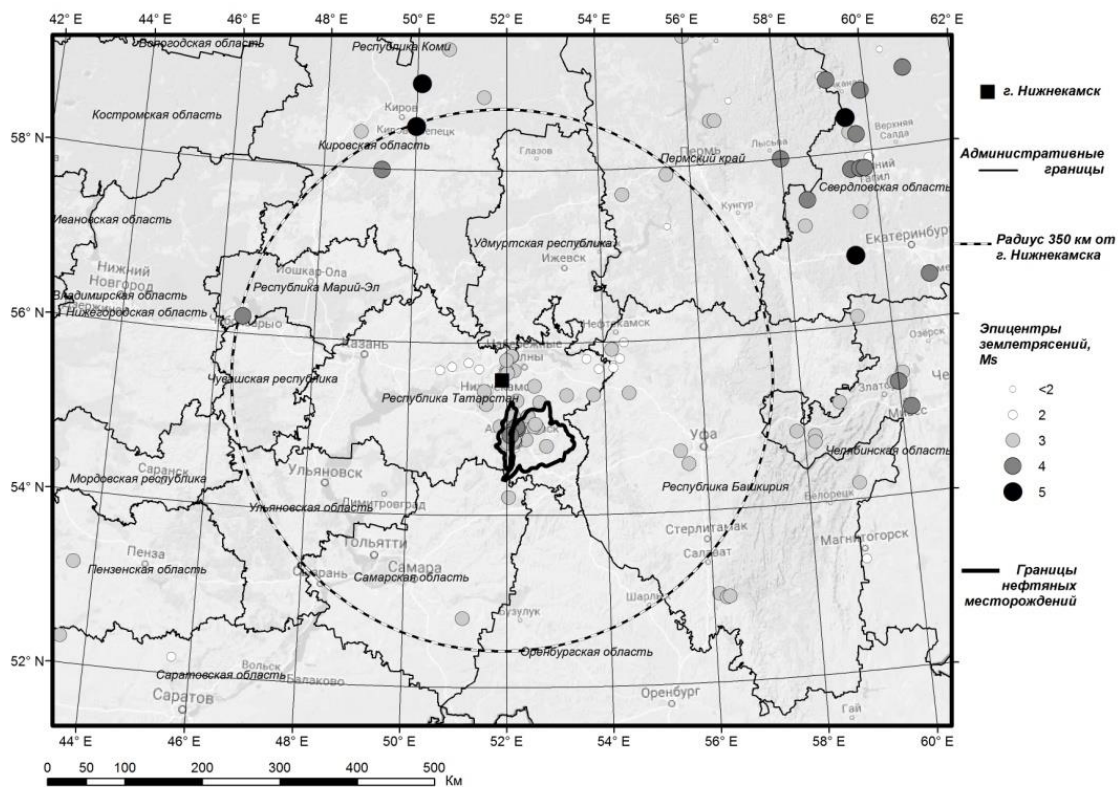


Рис. Карта расположения г. Нижнекамска и эпицентры землетрясений в радиусе 350 км от него (1807–2014 гг.)

Другая сложность состоит в том, что на территории Республики Татарстан и смежных административных образованиях (главным образом, Республики Башкортостан, Пермского края и Свердловской области) часть сейсмических событий связана с непосредственной хозяйственной деятельностью человека по добыче полезных ископаемых (промышленные взрывы), другая часть событий определяется карстовыми и оползневыми процессами. Работа над распознаванием природы сейсмических событий постоянно ведется специалистами ФИЦ ЕГС РАН в региональных Центрах сбора и обработки сейсмических данных [7].

Особое внимание в работе уделено Ромашкинскому месторождению нефти – крупнейшему в Европейской части России, находящемуся в юго-восточной части Татарстана (рис. 1). Работы по добыче полезного ископаемого здесь вносят существенный вклад в развитие техногенной сейсмичности на территории Республики [1, 4, 9 и др.]. Яркими примерами стали Альметьевские

землетрясения 1986, 1991 и 2008 годов с магнитудами около $M_s = 3.6$ и интенсивностью сотрясений до 6 баллов в эпицентре, непосредственно связывающиеся с проведением работ по откачке нефти и закачке флюида в пласт [2, 3].

В период с 1982 по 1994 г. вблизи месторождения проводилась эпизодическая регистрация местных землетрясений временными сетями станций [5, 8]. Таким образом, для этой области имеется существенно больший объем данных, чем для остальной части исследуемой территории. В дальнейшем область Ромашкинского месторождения была выделена в отдельную зону ВОЗ, для которой также оценены повторяемость и максимальная магнитуда техногенных землетрясений.

Конечный каталог, очищенный от событий сомнительной природы (с пометкой «возможно взрыв», «возможно землетрясение») и связанных с карстовыми и оползневыми явлениями, а также от горно-тектонических ударов (ГТУ), содержит сведения о 203 землетрясениях за период 1807–2014 гг. на расстоянии до 1000 км от объекта исследования, собранных из литературных источников [4, 6–8 и др.].

Территория Республики Татарстан расположена в центральной части Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и относится к слабосейсмичной зоне, где катастрофических землетрясений не происходит, тем не менее на рассматриваемой территории за доступный период наблюдений (начало XIX в. – наши дни) происходили ощутимые землетрясения с интенсивностью сотрясений в очаге до 6 баллов по шкале MSK-64 (рисунок).

Основой для оценки сейсмической опасности (определения исходного балла) конкретной площадки является модель сейсмичности – карта зон ВОЗ и их параметры (максимальная магнитуда, сейсмическая активность и наклон графика повторяемости). Выделение зон ВОЗ для уточнения сейсмической опасности территории г. Нижнекамска производилось на основе имеющейся сейсмологической и геологической информации с привлечением данных результатов исследований по уточнению сейсмической опасности смежных территорий из других источников, а также рельефа и геоморфологических представлений об исследуемой области.

Исходными сейсмологическими данными является каталог землетрясений, отфильтрованный от «зависимых» событий в пределах зоны радиусом 350 км от города алгоритмом пространственно-временных окон [15, 17]. Используемый каталог содержит сведения о параметрах 148 «независимых» землетрясений с магнитудами $M_s \leq 4.5$.

Для анализа использована карта активных разломов, в основу которой легли данные ГИН РАН (гл. ред. В.Г. Трифонов). В качестве дополнительной информации привлечены новые версии карт ОСР-2012 [11] и ОСР-2016 под редакцией тех же авторов.

В результате анализа и сопоставления данных в области радиусом 350 км от г. Нижнекамска выделены 13 доменов. Для выделенных зон ВОЗ определены параметры сейсмического режима: оценена повторяемость землетрясений и назначена максимальная магнитуда M_{max} .

Вычисления вероятностной сейсмической опасности выполнены с использованием программы SEISRISKIII, реализующей метод Бендера-Перкинса и предназначенной для расчета максимальных уровней показателей сейсмической сотрясаемости, которые с заданной вероятностью не могут быть превышены в течение определяемых пользователем фиксированных промежутков времени в каждой точке тестового полигона [13].

Расчеты по оценке сейсмической опасности территории г. Нижнекамска проведены на основе параметров уточненных зон ВОЗ и уточненных результатов по затуханию колебаний грунта для Республики Татарстан. В результате исследований получено, что для территории города значение интенсивности сейсмических сотрясений в течение 50 лет не превысит: 5.65 балла с вероятностью 90 %; 5.93 балла с вероятностью 95 %; 6.55 балла с вероятностью 99 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адушкин В.В. Сильные природно-техногенные землетрясения как особый вид триггерной сейсмичности // Триггерные эффекты в геосистемах: материалы второго Всероссийского семинара-совещания, г. Москва, 18-21 июня 2013 г. – М.: ГЕОС, 2013. – С. 10–33.
2. Альметьевское-III землетрясение 29 мая 2008 г. с $M_L=3,6$, $I_0=5$ (Татарстан) / И.П. Габсатарова, Е.А. Бабкова, В.А. Огаджанов и др. // Землетрясения Северной Евразии. 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 346–351.
3. Ананьин И.В. Альметьевское и Нефтегорское землетрясения // Землетрясения в СССР в 1986 году. – М.: Наука, 1989. – С. 180–183.
4. Взрывы и землетрясения на территории Европейской части России / Под ред. В.В. Адушкина, А.А. Маловичко. – М.: ГЕОС, 2013. – 384 с.
5. Землетрясения в районах Татарской и Башкирской АЭС за 1988–1990 гг. / Ф.О. Аракелян, Р.А. Затикян, С.Т. Магилян, Н.В. Вандышев // Землетрясения в СССР в 1989 году. – М.: Наука, 1993. – С. 199–205.
6. Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы / Под ред. Н.В. Шарова, А.А. Маловичко, Ю.К. Щукина. – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2007. – Кн. 1. – 381 с.
7. Каталоги в ежегодных сборниках "Землетрясения России" в 2005-2014 гг. – Обнинск: ГС РАН, 2008–2016.
8. Мирзоев К.М., Рахматуллин М.Х., Гатиятуллин Р.Н. Татарстан (с древнейших времен по 1994 г.) // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ГС РАН, 2000. – С. 44–56.
9. Сейсмическая опасность территории Татарстана / К.М. Мирзоев, Н.С. Гатиятуллин, Е.А. Тарасов и др. // Георесурсы. – 2004. – № 1 (15). – С. 45–48.
10. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСП-97. Масштаб 1:8000000: Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. – 57 с.
11. Уломов В.И., Богданов М.И. Новый комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСП-2012) // Инженерные изыскания, 2013. – № 8. – С. 30–39.
12. Algermissen S., Perkins D. A probabilistic estimate of maximum acceleration in rock in the contiguous United States. – U.S. Geological Survey, Open-File Report, 1976. – P. 76–416
13. Bender B., Perkins D. SEISRISK III: A Computer Program for Seismic Hazard Estimation // USGS Bulletin 1772, 1987.

14. Cornell C.A. Engineering seismic risk analysis // Bull. Seism. Soc. Am. – 1968. – Vol. 58. – P. 1583–1606.
15. Gardner K.J., Knopoff L. Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, poissonian? // Bull. Seism. Soc. Am. – 1974. – Vol. 64, N 5.
16. McGuire R. EQRISK Fortran computer program for seismic risk analysis. – U.S. Geological Survey, Open-File Report, 1976. – P. 76–67.
17. Musson R.M.W. Probabilistic seismic hazard maps for the North Balkan Region // Annali di Geofisica. – 1999. – Vol. 42, N. 6. – P. 1109–1138.

© *A. A. Еманов, Е. В. Лескова, А. Ф. Еманов, А. В. Фатеев, 2017*