УДК 551.248(571.56)

УТОЧНЁННАЯ КАРТА СЕЙСМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

¹Петров А.Ф., ^{1,2}Козьмин Б.М., ¹Шибаетов С.В., ¹Тимиршин К.В.

¹Якутский Филиал Геофизической службы СО РАН, 677008 Республика Саха (Якутия), г. Якутск, пр. Ленина, 39, e-mail: petrov@emsd.ysn.ru

²Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, 677980 Республика Саха (Якутия), г. Якутск, пр. Ленина, 39, e-mail: b.m.kozmin@diamond.ysn.ru

Приводятся сведения по исследованиям сейсмичности и сейсмического районирования территории Республики Саха (Якутия). Дается обзор карт общего сейсмического районирования, используемых в Российской Федерации. Дискутируется методология их построения. Для оперативного учёта изменений сейсмотектонической обстановки в регионе предлагается использование уточнённой карты сейсмического районирования.

Ключевые слова: сейсмичность, сейсмическое районирование, сейсмическая шкала, актуализация карт районирования, вероятностные модели сейсмичности.

IMPROVED SEISMIC ZONING MAP OF THE SAKHA REPUBLIC (YAKUTIA) TERRITORY

¹Anatoliy F. Petrov, ^{1,2}Boris M. Kozmin, ¹Sergey V. Shibaev, ¹Konstantin B. Timirshin

¹Yakutsk Branch of the Geophysical Survey, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, 39 Lenin pr., e-mail: petrov@emsd.ysn.ru

²Diamond and Precious Metal Geological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Yakutsk, 39 Lenin pr., e-mail: b.m.kozmin@diamond.ysn.ru

Results of studying the seismicity and seismic zoning of the Sakha Republic (Yakutia) territory are given. General seismic zoning maps used in the Russian Federation are reviewed, and methods of their construction are discussed. An

improved seismic zoning map is offered taking into account the latest changes of the seismotectonic setting in the region.

Key words: seismicity, seismic zoning, intensity scale, upgrading of seismic zoning map, probability models of seismicity.

Сейсмические исследования на территории Республики Саха (Якутия) проводятся с 1956 года. В настоящее время в постоянном режиме работает 23 цифровые сейсмические станции Якутского филиала Геофизической службы СО РАН. Выявлены сейсмоопасные зоны различной интенсивности, общая площадь которых составляет более 2 миллионов квадратных километров. На северо-востоке Якутии определена граница Евразийской и Североамериканской литосферных плит, частью которой является сейсмическая зона хр. Черского в составе Арктико - Азиатского пояса, а на юге граница Евразийской и Амурской (Китайской) литосферных плит, частью которой является Олёкмо - Становая сейсмическая зона Байкало- Станового пояса. За эти годы сотрудниками Якутского института геологии и Якутского филиала геофизической службы СО РАН было составлено несколько карт сейсмического районирования территории Якутии, уточнение которых обусловлено получением новой сеймотектонической информации. В 2014 году нами закончено составление очередного уточнённого варианта карты сейсмического районирования территории Якутии масштаба 1: 2.5 млн., выполненное по Госконтракту с Комитетом по инновационной политике и науке Республики Саха (Якутия). При проведении исследований использовались ранее составленные карты, новые сеймотектонические материалы, последние сейсмические события и другие источники.

Первая карта сейсмического районирования Якутии масштаба 1:2.5 млн. [7] была составлена в 1975 году. Уточнённый вариант этой карты использовался при составлении карты Сейсмического районирования территории СССР. [8]. В

1996 году была составлена и издана Карта сейсмического районирования территории Республики Саха (Якутия) масштаба 1:2.5 млн. [2], которая в 1997 году Министерством строительства РС(Я) и Министерством регионального развития России была утверждена в качестве территориальных строительных норм (ТСН 22-301-97). Эти карты, научные материалы и данные сейсмических станций ЯФ ГС СО РАН были использованы при составлении Карт общего сейсмического районирования территории России – ОСР-97 и при их актуализации [10].

Изменение сейсмотектонических и геодинамических обстановок на Земле происходит постоянно, накапливаются новые сейсмические, инженерно- геологические и тектонические материалы, изменяются методы составления карт. Все эти и другие обстоятельства обуславливают необходимость периодического уточнения (актуализации) карт сейсмического районирования. В 1991–1997 гг., при работе над картой ОСР-97 была разработана [10] методология конструирования модели зон возникновения очагов землетрясений (ЛДФ-модель зон ВОЗ) и её сейсмогеодинамических параметризации: вместо традиционно одной детерминистской карты стал использоваться комплект вероятностных карт – ОСР-97, положивших начало динамическому сейсмическому районированию.

Некоторые исследователи считают, что в настоящее время районирование сейсмической опасности может быть осуществлено лишь на вероятностной основе. Иными словами, риск всегда будет иметь место. По мнению [10], это и заложено в картах ОСР-97, позволяющих оценивать степень сейсмической опасности для объектов разных сроков службы и категорий ответственности на нескольких уровнях, отражающих расчетную интенсивность сейсмических сотрясений в баллах шкалы MSK-64, ожидаемых на конкретной площадке с заданной вероятностью в течение определенного интервала времени.

В 2009–2012 гг. выполнена актуализация карт ОСР-97. Был создан расширенный комплект карт ОСР-97*, и ОСР-2012, возросло количество расчетных

периодов повторяемости и введения дробных баллов с шагом 0,5 и 0,1 балла, а также карт, представленных в пиковых ускорениях колебаний грунта, в соответствии с двумя макросейсмическими шкалами – MSK-64 и проектом новой шкалы ШИЗ-2010 [10] на основе несколько актуализированной модели зон ВОЗ, что и комплект карт ОСР-97.

Предложенные изменения в принципы построение карт ОСР-2012 [10] до настоящего времени проходят апробацию и обсуждение в научных и производственных организациях России, занимающихся вопросами сейсмического районирования, проектирования и строительства, высказываются предложения по пересмотру методики их составления, даётся отрицательная (и положительная) оценка актуализированных СНиП «Строительство в сейсмических районах» и самих карт Общего сейсмического районирования ОСР-2012.

В работах Я. М. Айзенберга за 2012 - 2014 гг. утверждается, что актуализированные нормы (СП 14. 13330.2014) и старые карты ОСР-97 несовместимы и используемую сейсмическую шкалу, и систему баллов типа MSK-64 применять в актуализированных нормах нецелесообразно. Основными недостатками методологии общего сейсмического районирования [1], является использование в строительных нормах и картах баллов. «Баллы содержат некое количество разнородных факторов, которое наряду с величинами ускорений (неизвестно как именно определённые количественно), ... уровень разрушений, а не количественные сейсмологические данные, например, ускорения, скорости, смещения или другие параметры сейсмических воздействий». И далее: «Проектирование инновационных систем, высотных зданий с новыми системами сейсмозащиты требуют более полной и точной информации о параметрах сейсмических воздействий, таких как величины ускорений, скоростей, смещений грунта оснований, спектрального состава сейсмических колебаний и другой количественных сведений...»

О.В. Павленко [5] указывает на спорные вопросы и противоречия в предложенной [9] концепции: «Новые карты –это практически простое расширение набора карт ОСР-97. С момента создания карт ОСР-97 прошло 15 лет, пополнилась мировая база данных по сильным движениям, получены важные научные результаты и инженерная сейсмология шагнула вперёд, но эти материалы и достижения не использованы в новых картах сейсмического районирования». По мнению [5], переносить данные о сейсмических свойствах пород, выявленных в Калифорнии (США), на Кавказе или в зоне субдукции в районе Петропавловска-Камчатского на другие территории, как это сделано при актуализации карт ОСР-97, представляется недостаточно обоснованным. В актуализированных картах ОСР-97 нет инженерных данных, позволяющих строить большой набор карт с заявленной высокой детальностью, тем более в единицах пиковых ускорений. Карты, построенные в баллах сейсмической интенсивности, основаны на макро-сейсмических наблюдениях последствий землетрясений, проверялись полевыми наблюдениями и ощущениями жителей из зон сотрясаемости, а пиковые наблюдения не подтверждаются ни конкретными наблюдениями, ни расчётами. Некорректное, по мнению [5], использование соотношения связи сейсмической интенсивности с пиковым ускорением. В базах данных по сильным движениям имеются примеры записей с различием пиковых ускорений в 10–15 раз при фиксированной магнитуде и эпицентральной дистанции. «Балльность вполне приемлема как средство общего сейсмического районирования. Использование балла не хуже, чем использование максимального ускорения и может иметь определённые преимущества» [5]. Карты общего сейсмического районирования, по мнению [5], целесообразно составлять, главным образом, на основании полученных материалов по количеству, месту и силе землетрясений, глубине гипоцентров, кинематике движений плит, данным по неотектонике, разрывным на-

рушениям (разломам), характеристикам зон ВОЗ, анализу геофизических полей – магнитных и силы тяжести, сейсмическим свойствам грунтов.

В работе [9] приводятся факты, показывающие некорректность применения пиковых ускорений для целей создания карт сейсмического районирования, т.к. попытки приписать какому-то баллу некоторые пиковые ускорения не увенчались успехом. Так, при сильнейшем землетрясении в Мехико пиковые ускорения составили всего 1,8 м/с², а при слабых землетрясениях они достигали 5–6 м/с². Показано, что пиковые ускорения зависят от преобладающего периода сейсмических волн и их продолжительности. Анализируя содержание СП 14.13330.2011 и карт ОСР-2012 авторы приходят к выводу: «... эту работу нельзя признать завершённой. Её законодательное утверждение в качестве обязательного нормативного документа может принести больше вреда, чем пользы...» [9]. Построенные вероятностные модели сейсмичности при определении параметров движения грунта в любом месте обладают большой неопределённостью конечных результатов, обусловленных неопределённостью исходных данных и самих моделей расчетов. Отрицательное отношение к актуализированным картам ОСР-2012 отражено и в [6].

Для составления уточнённой карты сейсмического районирования Республики Саха (Якутия) сейсмоопасная территория была условно разделена на несколько зон: северо-восток, юг и центр. При оценке уровня сейсмической опасности использовался стандартный набор по сейсмичности прошлых лет и новейшие данные. Составлялись карты изосейст для отдельных сильных землетрясений и сводные карты сейсмических воздействий, учитывались карты сейсмической активности. Для районов с низкой активностью использовались карты плотности эпицентров землетрясений. По данным карт изосейст для разных участков территории уточнялись зависимость затухания интенсивности сейсмических колебаний с расстоянием и модели изосейст, оценивалась средняя частота

и вероятность сильных подземных толчков, анализировались геолого-геофизические сведения по активным разломам, палеосейсмологии, дешифрированию космических снимков, данных космической и наземной геодезии, зон ВОЗ. Для оценки тектонического режима разных участков территории использовались также данные сопоставлений параметров фокальных механизмов сильных землетрясений с морфо-кинематической характеристикой крупных сейсмогенных разломов. В конкретных случаях определялись формы очаговых спектров для отдельных сильных подземных толчков, модели затухания, параметры усиления сейсмических волн в верхних слоях земной коры, параметры ослабления волн на высоких частотах и т.п.

Конфигурация зон балльности предлагаемой карты по сравнению с картой Общего сейсмического районирования-ОСР-97 «С» изменена в основном на Северо-Востоке и в Центре Якутии. На Северо - Востоке, в сейсмической зоне хр. Черского, в 2008-2013 гг. произошло 4 крупных события с силой 7-10 баллов в эпицентре, в том числе Абыйское 9-10-балльное землетрясение и многочисленные афтершоки. Его воздействия (от 3 до 7 баллов) ощущались в 7 арктических районах РС(Я) на площади более 500 тыс. кв. км. Значительно уточнена сейсмическая активность территории Центральной Якутии в междуречье Лена и Вилюй (Рис. 1). Здесь выявлена серия разломов четвертичного возраста, ограничивающих малоамплитудные грабены и горсты, произошли довольно многочисленные сейсмические события слабой и умеренной интенсивности до 6 баллов. Общее направление разломов в основном совпадает с таковыми верхнепалеозойско-мезозойского возраста и палеоавлакогенами (рифтами) [4]. В последнее время на этой территории обнаружено несколько вулканов верхнемезозойского? возраста [3].

На юге Якутии, в пределах Олёкмо-Становой зоны наибольшая сейсмическая активность наблюдалась в последние годы в районе Олёкмо-Чарского наго-

рья, Станового хр. и Алданского нагорья. Самые сильные Чаруодинские толчки 2005 г. не превышали 8 баллов.

Эти примеры показывают, что создаваемые карты общего сейсмического районирования являются дежурными, неспособными раз и навсегда установить уровень сейсмической опасности различных участков территории Российской Федерации, поэтому через 15–20 лет требуется пересматривать и уточнять их, независимо от способов составления, с использованием понятия «балл» или без него.

Рис. 1. Сеймотектоническая карта Центральной части Якутии

1 – эпицентры землетрясений; 2 – приподнятые блоки- горсты; 3 – опущенные блоки- грабены; 4 – отдешифрованные элементы – уступы, разломы, ограничивающие грабены и горсты ранне- и поздне-четвертичного возраста. Кольцевые структуры – предположительно палеосейсмодислокации; вулкан верхнемезозойского возраста «Тень-01».

Оценивая созданные до настоящего времени карты общего сейсмического районирования территории Якутии с применением понятия «балл» можно констатировать, что в целом они отражают реальную картину сейсмической опасности. Имеющиеся между ними различия оценки сейсмичности отдельных районов территории Якутии по сравнению с предыдущими данными, связаны с недостаточной геолого-геофизической изученностью региона, а также редкой сетью сейсмических станций.

С учётом приведённой информации считаем, что применение балла при сейсмическом районировании территории Якутии на данном этапе правомерно, т.к. при разработке новых методов построения таких карт, их составления и утверждения пройдёт не менее 15–20 лет.

Поэтому, уточнённая Карта сейсмического районирования территории Якутии (Рис. 2), учитывающая данные неотектоники и современной сеймотектонической обстановки, может быть использована при разработке актуализированных карт сейсмического районирования территории Российской Федерации и строительстве в сейсмоопасных районах Якутии.

Рис. 2. Уточнённая карта сейсмического районирования территории Якутии масштаба 1:2 500 000.

Список литературы

1. Айзенберг Я. М. Нормы проектирования «Строительство в сейсмических районах СНиП П-7-81*» актуализированы; на очереди актуализация карт сейсмического районирования //Тезисы докладов X национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (с международным участием) 9-13 сентября 2013 года. – М.: 2013. С.7-8.
2. Карта сейсмического районирования территории Республики Саха (Якутия) М-б: 1:2 500 000. / Отв. редакторы: В. С. Имаев, Б. М. Козьмин, А. Ф. Петров. – Якутск: Якут АГП, 1996.
3. Костин А. В., Гриненко В. С., Олейников О. Б., Желонкина М. С., Кривошапкин И. И., Васильева А. Е. Первые данные о проявлении верхнемелового вулканизма зоны перехода «Сибирская платформа– Верхояно-Колымская складчатая область» // Наука и образование №1, 2015. С.30-36.
4. Мокшанцев К.Б., Гусев Г.С., Петров А.Ф. и др. Разломная тектоника территории Якутской АССР. – Якутск: Изд-во ЯФСО РАН СССР, 1976. 174 с.
5. Павленко О. В. Об актуализированных картах общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 и картах ОСР-2012 (в порядке обсуждения) //Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012, №5. С.16-23.
6. Решение X юбилейной российской конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию (с международным участием) (09-13 сентября 2013года, г. Сочи). // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. С.56-64.
7. Сейсмическое районирование Якутии и сопредельных территорий. Б.М. Козьмин, Г. С. Гусев, А. Ф. Петров и др. Отв. редактор К. Б. Мокшанцев. – Якутск: Якут. книжное изд-во,1975. 90 с.
8. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978г. Отв. редакторы В. И. Бунэ и Г. П. Горшков. М.: Наука, 1980. 306 с.
9. Уздин А. М., Белаш Т. А. Некоторые проблемы использования актуализированной версии СНиП «Строительство в сейсмических районах» // Природные и технические риски. Безопасность сооружений. 2013, №6. С.28-30.
10. Уломов В.И. Актуализация нормативного сейсмического районирования в составе Единой информационной системы «Сейсмобезопасность России» // Вопросы инженерной сейсмологии. 2012. Т. 39, № 1. С. 5 – 38.