

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА УРАЛЕ: ПРАВДА ИЛИ ВЫМЫСЕЛ?



Р.А. Дягилев,
кандидат физико-
математических наук,
заведующий лабораторией
природной и техногенной
сейсмичности,
Горный институт УрО РАН

Приводятся сведения о землетрясениях, которые происходили и происходят на Урале. Затронут как природный, так и техногенный аспект феномена. Дается сравнительная оценка уровня сейсмической опасности с соседними регионами.

21 декабря 2012 года в 5:23 по местному времени в районе г. Перми произошло землетрясение с магнитудой 5.3. Интенсивность толчков в эпицентре, продолжавшихся около 20 с, составила 6–7 баллов. Несколько старых зданий в центре города получили незначительные повреждения в виде трещин в стенах. За городом во многих сельских домах упали дымовые трубы. Жители города и окрестных районов были разбужены и испуганные выбегали на улицу. Жертв среди населения нет. В настоящее время жилищные службы устраняют несколько аварий, произошедших в отопительных сетях в связи с землетрясением. Власти и ученые в средствах массовой информации проводят разъяснительную работу, чтобы успокоить панически настроенных граждан.

Примерно таким событием мог бы ознаменоваться для пермяков день, о котором в последнее время не упоминает лишь ленивый. Всего лишь один из возможных эпизодов в серии катастроф, сопровождающих приход очередного «конца света», после которого неизвестность и пустота. И все же, вероятнее всего, этот день для горожан останется вполне обычным, как и многие другие, и не будет отмечен какими-либо серьезными катаклиз-

мами, тем более землетрясением. Но так ли спокойна уральская земля? Может быть, в этом придуманном событии есть хоть какая-то доля истины?

Если говорить о сейсмичности на Урале, то большинство коренных жителей, да и приезжих людей, уверены, что живут в самом спокойном месте, где землетрясений не бывает, поскольку никогда не слышали ни от знакомых, ни от родителей или людей более старшего поколения каких-либо упоминаний о таком природном явлении, как землетрясение. Да, землетрясения на Земле – не редкость. Да, почти все представляют, что бывает с людьми, городами, если катастрофа все-таки случается. Информация в современном мире распространяется очень быстро, и в большей части она достоверна, поэтому формируется мнение, что землетрясения бывают, но они где-то там, далеко – на Камчатке, в Турции, в Японии... Там – вулканы, там формируются молодые горы, там тектонические плиты заходят одна под другую. Здесь же, на Урале, все активные геологические процессы уже в далеком прошлом, и поэтому ничего подобного происходить не может. Да, это так, но все же есть факты, которые не вписываются в эту картину.

Оказывается, землетрясения на Урале не такая уж и редкость. Информацию о них ученые собирают уже давно, и достоверно известно, что Урал не самый «тихий» регион на планете. Исторический каталог землетрясений Урала, претерпевший за долгие годы множество дополнений и уточнений, начинается с события 4 мая 1788 года, описанного А. Орловым в «Трудах общества естествоиспытателей...» в 1873 году [7]. Это землетрясение ощущалось *«на восточной сторонѣ Уральскихъ горъ, особенно в Нижне-Тагильскомъ заводѣ и другихъ близъ лежащихъ мѣстахъ»*. Вероятно, оно имело небольшую интенсивность (до 4 баллов в эпицентре), поскольку никаких сведений о разрушениях и пострадавших нет [3].

В том же первоисточнике сообщается, что одно из сильнейших землетрясений на Урале произошло 23 мая 1798 года в г. Перми и охватило область, простирающуюся на северо-запад через Осинский, Кунгурский и Верхотурский уезды, а на юго-восток – через Пермский, Кунгурский и Екатеринбургский уезды. Отмечается, что продолжалось оно несколько секунд и в Перми *«гораздо чувствительнѣе было въ каменныхъ зданіяхъ: въ здѣшней соборной церкви качались паникадила, тряслись связи и слышенъ былъ нѣкоторый глухой шумъ и трескъ; въ домахъ трещали окна, колебались стѣны и мебель, (что особенно замѣтно было въ шкафахъ при звонѣ посуды), какъ-бы на суднѣ, движимомъ небольшими волнами; движеніе же стѣнъ было на столько замѣтно, что многие были имъ разбужены»*. По современным оценкам [3], опирающимся на анализ такого описания в свете имеющихся знаний о землетрясениях, событие имело магнитуду 5.3, его очаг располагался на глубине около 26 км, а интенсивность в эпицентре составляла 6 баллов. Кстати, именно оно послужило прототипом для выдуманного землетрясения, упомянутого в начале статьи.

Пока не было никаких инструментальных наблюдений, все уральские землетрясения выглядели похожими друг на друга: качались стены, гремела посуда, пугались люди. Всего до начала XX века ученым удалось выудить из небольшого числа исторических очерков и восстановить лишь чуть более двух десятков таких событий. С появлением первой сейсмостанции на Урале под Екатеринбургом в 1906 году эта информация стала отбираться гораздо тщательнее. Системный подход и хорошее инструментальное подспорье (сейсмограф Голицына, использовавшийся тогда для сейсмологических наблюдений, по тем временам был одним из лучших приборов) позволили понять, что на Урале землетрясения происходят гораздо чаще. Фактически началом инструментального периода наблюдений на Урале считается 4 октября 1913 года, когда были окончены все работы по обустройству сейсмической станции и обработана первая сейсмическая запись. Стоит отметить, что было это весьма своевременно, ведь уже 17 августа 1914 года в районе Билимбаевского завода (г. Первоуральск) произошло очередное сильное землетрясение.

Билимбаевское землетрясение считается одним из крупнейших сейсмических событий на Урале. Неточности и неувязки в первоисточниках, а также несовершенство аппаратуры не позволяют однозначно определить, было ли это самым сильным событием. Современные экспертные оценки дают магнитуду равной 5, а интенсивность в эпицентре, согласно историческим описаниям, составляла 6–7 баллов [8], однако уверенно можно сказать лишь то, что это землетрясение имело самые обширные макросейсмические проявления. Оно ощущалось в радиусе 180–370 км от эпицентра, охватывая многие города и населенные пункты нынешних Свердловской, Челябинской, Курганской областей, Пермского края и Башкортостана. Сотрудники сейсмостанции сообщают [1], что *«с наибольшей силой землетрясение проявилось в Билимбаевском заводе Здесь падали дымовые трубы и сильно трещали стены»*.

Несмотря на появившуюся возможность инструментально наблюдать землетрясения, все события, вошедшие в каталог до 1972 года, – это события, которые так или иначе ощущались на поверхности людьми, имели видимое влияние на здания и предметы обихода. С введением в эксплуатацию новых современных станций в каталоге стали появляться события, которые ранее не фиксировались совсем, поскольку были доступны для изучения только с помощью высокочувствительных приборов. Конечно, эти микроземлетрясения не представляли никакой угрозы, но знания о них были весьма и весьма ценными для науки.

Следствием дальнейшего развития инструментальных наблюдений на Урале стало то, что землетрясений с вводом в эксплуатацию каждой новой станции за один и тот же интервал времени фиксировалось больше и больше, каждое событие было представлено ярче, полнее, поскольку появилась возможность не только находить точное местоположение очага землетрясения, магнитуду, но и определять его механизм, рассчитывать геометрические параметры сил, вызвавших его, восстанавливать картину о напряженном состоянии недр. А по обобщенным данным, представленным в сейсмических каталогах, составлялись карты сейсмической опасности, делались первые попытки прогнозировать землетрясения.

Благодаря четко организованным мероприятиям, регламентируемым современным уровнем развития сейсмологии, сейсмический каталог Урала за последние 15 лет увеличился более чем в 3 раза. Систематический подход позволил минимизировать потери информации об этих явлениях, которые ранее, не будучи отраженными в печати, просто забывались или из-за низкой плотности населения не имели возможности быть представленными вообще как-нибудь. Сейчас, оставляя «на совести» аппаратуры достоверность наших знаний о самых слабых микроземлетрясениях, с уверенностью можно сказать, что ни одно крупное событие на Урале не остается незамеченным. Если район эпицентра не заселен, приборы да-

дут достаточно информации о нем. А если еще есть и свидетели, то на следующий же день к ним выедут специалисты и все тщательно задокументируют. И что интересно, имеется много очевидцев этого «чуда природы». Их сотни и даже тысячи, они хорошо помнят многие детали произошедших землетрясений, и все эти детали не остаются без внимания, а тщательно собираются в копилку научных знаний.

Среди современных сейсмических событий на Урале общественности наиболее известны четыре: Соликамское (1995 г.), два Березниковских (1993 и 1997 гг.) и Качканарское (2010 г.). Причина такой известности кроется в особенности их географического положения: все они произошли вблизи крупных промышленных центров. Последнее землетрясение, пожалуй, можно считать кульминационным моментом современных сейсмологических наблюдений на Урале.

В истории Урала бывали землетрясения и посильнее Качканарского (его магнитуда составила 4.4, глубина очага – 21 км, интенсивность в эпицентре – до 5 баллов), однако это событие вызвало большой общественный резонанс не только в Качканаре, но и стало причиной оживления властей, прежде всего служб ГО и ЧС из ближайших районных и областных центров. Землетрясение произошло в ночь на 30 марта 2010 года и ощущалось в радиусе ~50 км от эпицентра, ближе всего к которому (7 км) оказался глухой поселок Покап Свердловской области [4]. Расстояние от эпицентра до г. Качканар составило всего 25 км, и эта ночь у горожан оставила не очень приятные воспоминания.

Стоит отметить, что к северу от города имеется небезызвестный Качканарский ГОК, где на карьере регулярно производят промышленные взрывы, к которым все уже за многие годы привыкли. Однако сравнивая колебания с карьерными взрывами, свидетели отмечали, что сейсмическая волна пришла не с направления ГОКа, она ощущалась как пришедшая снизу, из глубины земли. Многие сначала чувствовали прохождение звуковой вол-

ны – «раскат грома», «как от взрыва», затем задрезжали стекла, «пошла нарастающая вибрация», произошло несколько толчков, после которых вибрация стала убывать.

Опрос населения города проводился не только лично, но и с применением современных технологий – через Интернет, поэтому имеются макросейсмические данные с различных районов. Обобщая полученные сведения по городу Качканару, можно сказать, что всего почувствовало землетрясение около половины опрошенных, при этом большинство из них спали и от сильных колебаний были разбужены, причем несколько человек проснулись за некоторое время до землетрясения (от 30 секунд до 2 минут). Отдельные люди от беспокойства выбегали на улицу. На верхних этажах и в домах, расположенных на самых высоких отмет-

ках рубежах, а именно об уральских станциях, сеть которых активно начала развиваться лишь в 1999 году. Такой объем информации впервые позволил определить механизм очага – описание кинематики движения в области источника.

Понятие механизма тесно связано с нашими представлениями об очаге землетрясения. Есть множество моделей очага, и в рамках каждой из них механизм будет выглядеть по-своему. Достаточно простой конструкцией, позволяющей описать большинство нюансов в кинематике движения в очаге тектонического землетрясения, является модель подвижки. В ней очаг представляется движением двух блоков земной коры относительно друг друга. Движение вызвано парой конкурирующих сил (рис. 1), которые при реализации излучают сейсмические волны. Излучение происходит во все стороны, но колебания рас-

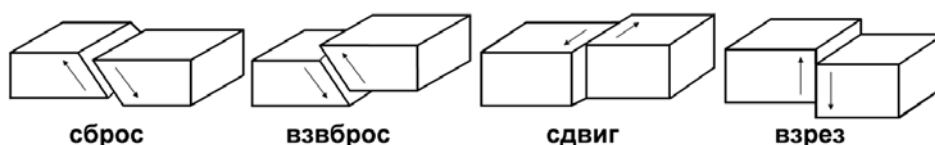


Рис. 1. Варианты подвижек в сейсмическом очаге

ках города, колебания ощущались несколько сильнее, чем внизу. Жители, у которых были животные, сообщали об их испуганном и возбужденном поведении при землетрясении (примерно половина случаев), отмечалось необычное поведение животных накануне, некоторые люди также сообщали о своем необычном состоянии (бессонница, головные боли) в день перед землетрясением.

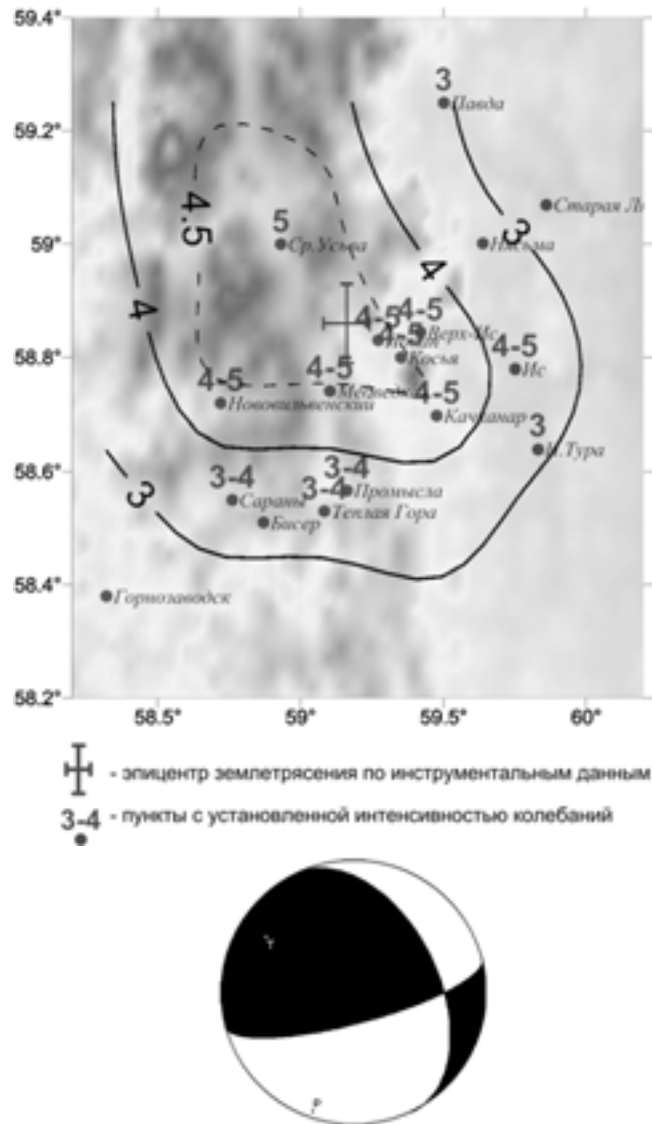
Если не считать два выпавших стекла в теплице, трещины в покраске (п. Верхний Ис), порванные обои и упавшую гардину (п. Средняя Усьва), то, можно сказать, что никаких повреждений землетрясение не оставило. Но эмоциональный подъем, последовавший за событием, нашел отражение в прессе, на радио и телевидении.

Качканарское событие в отличие от большинства его сильных «собратей» инструментально было представлено уже не одной-двумя станциями, а сразу двенадцатью. Причем речь идет не о каких-то даль-

ходятся неравномерно, они имеют разную ориентацию и разную амплитуду. Если очаг окружен множеством станций, которые фиксируют параметры этих колебаний, то по этому пространственному «сейсмическому отпечатку» волн можно восстановить первоначальную картину сил, вызвавших их.

В масштабе региона землетрясение под Качканаром – первое событие за всю историю, имеющее такой информативный отпечаток, по которому удалось восстановить полный «сейсмический портрет» источника (рис. 2).

Сравнивая его с другими портретами в терминах фотографии, можно сказать, что это не только вид анфас, но и рентгеновский снимок, вид изнутри. Местоположение эпицентра очага на карте-схеме эпицентральной зоны (рис. 2, сверху) отмечено крестом, размеры которого отражают ошибки определения координат. Изолинии-изосейсты ограничивают области с различной интенсивностью коле-



Оси главных напряжений		Нодальные плоскости		
Азимут	Уклон	Простираание	Падение	Поворот
<i>T (ось растяжения)</i>		<i>NP1</i>		
303°	38°	75°	77°	42°
<i>P (ось сжатия)</i>		<i>NP2</i>		
199°	17°	335°	50°	164°

Рис. 2. Карта изосейст и механизм очага Качканарского землетрясения 29 марта 2010 г.

баний на земной поверхности. Механизм очага (рис. 2, внизу) отображен в виде «пляжного мяча» – сферы, на которой черными и белыми секторами показана пространственная ориентация произошедшей подвижки. Принято отображать только нижнюю часть сферы, поэтому «мяч» дает как бы вид снизу на оси главных напряжений и плоскости подвижки (нодальные плоскости). Ориентацию осей и плоскостей дополнительно описывают их геометрические параметры: азимут,

уклон, а также углы простираания, падения и поворота в плоскости падения. Такое представление все же допускает некую неоднозначность в правильном выборе нодальной плоскости: лишь одна из них является истинной, а вторая представляет собой альтернативное решение, возможный вариант механизма, который, если бы и реализовался, то дал бы точно такой же набор экспериментальных данных, то есть схожие по всем параметрам сейсмограммы.

В свете имеющихся представлений о геологическом строении Урала плоскость *NP2* представляется наиболее правдоподобным вариантом решения механизма. Ее субмеридиональное простирание с точностью до первых градусов совпадает с простиранием Главного Уральского разлома. Практически идентичны с ним угол простирания и угол падения. Все это говорит о том, что землетрясение стало результатом подвижки (точнее сбросо-сдвига) вдоль Главного Уральского разлома. Это значит, что разлом живет, блоки, формирующие его, медленно двигаются относительно друг друга, и иногда эти медленные движения, реализуясь в виде множества кратковременных проскальзываний, могут сопровождаться весьма ощутимыми землетрясениями, такими как Качканарское.

Тектонический фактор – не единственная причина землетрясений на Урале. Широко представлена группа гравитационных явлений, землетрясений, вызванных падением и обрушениями. Как правило, речь идет об обвальных явлениях в подземных полостях, пещерах, которых на Урале немало. Взять хотя бы Пермский край, где площади, занятые карстующимися породами в верхней толще мощностью до 2 м, составляют 23 %, а если брать в расчет интервалы глубин до 3 км, то более 90 % [2]. Кунгур, Губаха – районы, где таких явлений происходит больше всего. Отельные события были достаточно сильными. К примеру, землетрясение 28 ноября 1934 года в Губахе, по данным сотрудников сейсмостанции «Свердловск» [1], ощущали жители нескольких домов, и интенсивность колебаний достигала 5 баллов. Толчки *«сопровождались звоном посуды и оконных стекол, передвижением мелких и крупных предметов домашней утвари и т. п. В одной квартире от толчка обвалился небольшой кусок штукатурки. В доме № 22 по Первомайской улице растрескалась стена»*.

В этой же группе есть и весьма экзотические импактные явления, вызванные падением метеорита. Из записей Мушкетова [5] мы узнаем, что *«в 1887 г. 30/VIII в 12 ч. 30 м. в селе Частинском, Оханско-*

го уезда, Пермской губ. на р. Каме произошло колебание почвы, вызванное толчком. Сила толчка была настолько велика, что стекла в рамах зазвенели и в деревянных непрочных зданиях заколебались стены. Над Пермью в это время пролетел аэролит. Он упал в версте от селения Таборы, в 15 в. от Оханска, на поле, с таким треском, что работавший поблизости крестьянин упал без чувств. Гром был слышен в с. Острожчины, которым повреждены хлеба и лес».

Современные инструментальные наблюдения позволили «открыть» на Урале еще одну специфическую группу землетрясений – морозобойные удары. Чаще всего такие удары сопровождают образование трещин в ледовом покрытии широких водоемов (таких как большие озера, водохранилища) в период ледостава, когда наблюдается резкое понижение температуры. При значительных морозах лед ломается с оглушительным «пушечным» грохотом и по нему разбегаются длинные трещины [6]. Как правило, такие удары, по меркам сейсмологов, очень слабые (магнитуды от –3 до 1), и если они ощущаются, то только находящимися в этот момент на льду рыбаками. Но есть среди них экземпляры посильней, поинтересней. Взять хотя бы событие 26 декабря 2008 года в районе Воткинского водохранилища около г. Оса Пермского края. Оно имело магнитуду 1.8, однако в двух ближайших к эпицентру домах ощущалось как 3–4-балльное землетрясение, при этом здания покачивались, был слышен треск стен, после чего люди в испуге выбегали на лестничные площадки. Обследование района эпицентра позволило установить причину данных сотрясений – образование сбросовой трещины длиной до 4 км, которая появилась в ледовом покрытии водохранилища после снижения уровня воды.

Общая картина пространственного распределения природной сейсмичности на Урале представлена на рис. 3. Здесь отображены все тектонические, обвальные, импактные и морозобойные землетрясения, известные на сегодняшний момент (с 1788 по 2011 г.). Но это только та

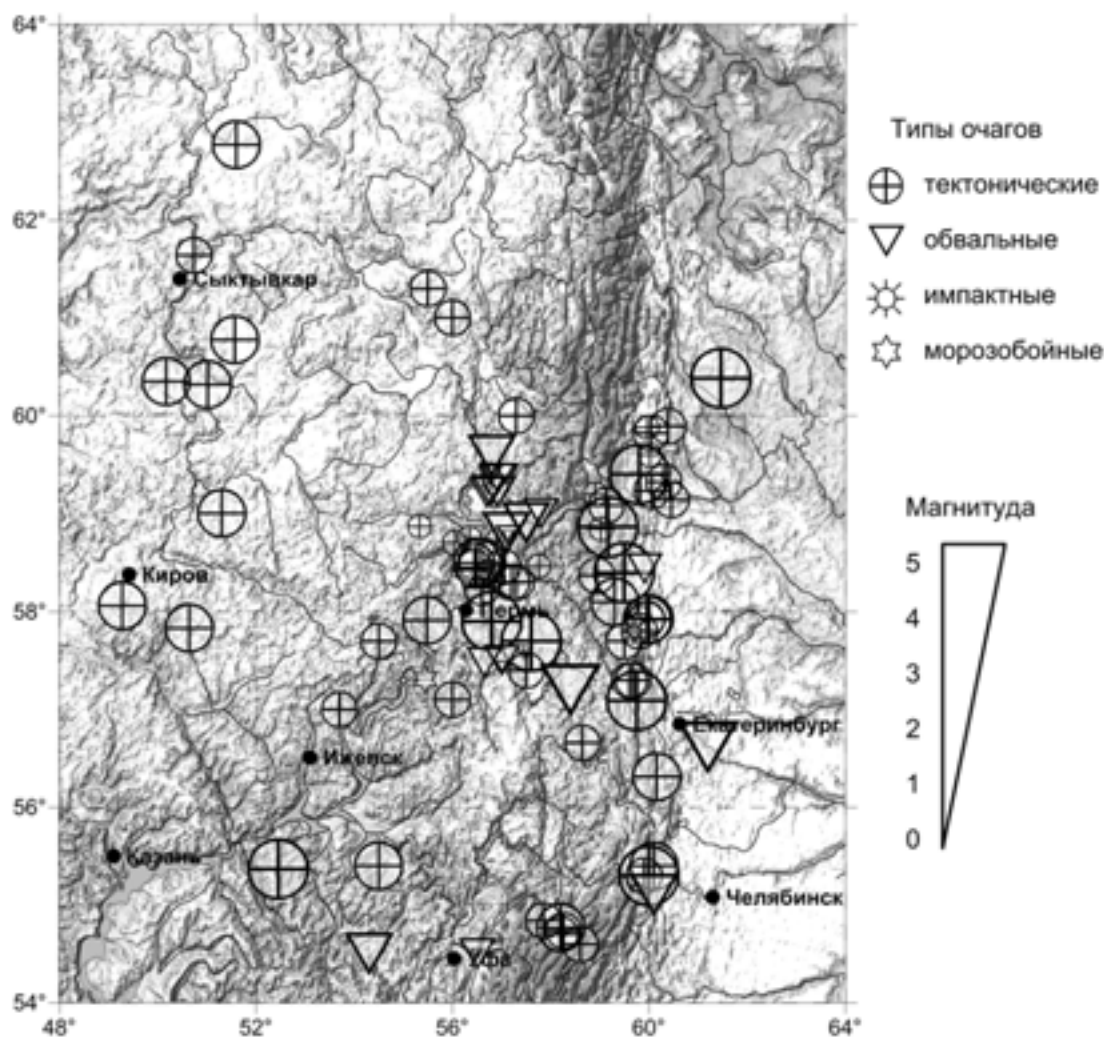


Рис. 3. Карта эпицентров природных землетрясений Урала за период с 1788 по 2011 г.

составляющая сейсмичности, которую дает нам сама природа. Известно, что с некоторых пор причиной землетрясений может стать и жизнедеятельность людей, и Урал – не исключение.

Землетрясения, вызванные жизнедеятельностью человека, или техногенные землетрясения, сопровождают нас с тех пор, как мы активно начали вмешиваться в природные процессы, изменять условия их протекания, порой даже неосознанно. Урал – кладезь полезных ископаемых, чтобы извлечь их, надо пробурить скважину, построить шахту, выкопать карьер. По нашим грубым подсчетам, всего в пределах Пермского края, Свердловской, Челябинской, Оренбургской, Курганской областей, республике Башкортостан насчитывается около сотни нефтяных месторождений, 200 карьеров, 40 шахт и рудников, где могут происходить и про-

исходят техногенные землетрясения.

Большее внимание среди них, конечно, уделяется событиям, которые происходят самопроизвольно. Это землетрясения, сопровождающие разработку месторождений, которая приводит к нарушению естественного напряженно-деформированного состояния породного массива, «отвечающего» своеобразным сейсмическим откликом. Такие события приводят к серьезным материальным потерям на производстве, их трудно предсказать и весьма проблематично предотвратить.

Как массовое явление техногенные землетрясения начались в середине 20-го века в связи с активной разработкой Кизеловского угольного бассейна. Позже к таким опасным районам присоединились шахты Североуральских и Южноуральских бокситовых месторождений, подземные горные выработки в Нижнем Та-

гиле, рудники Верхнекамского месторождения калийных солей. Борьба с такими явлениями дала определенные результаты, но до сих пор эту проблему окончательно решенной считать нельзя. При этом шахты становятся все глубже, объем добычи растет, и природа не заставляет себя долго ждать со своими новыми «сейсмическими сюрпризами»; к примеру, в 2011 году их было 27.

Другая составляющая группы техногенных землетрясений – это взрывы, без которых в настоящее время обойтись уже невозможно. Взрывы мы инициируем сами, используя их огромную разрушительную мощь для своих нужд. Взрывы стали неотъемлемой составляющей успеха горнодобывающей промышленности. Без них большая часть твердых полезных ископаемых недоступна. А если есть взрыв, есть и сейсмический эффект от него, который нередко бывает сопоставим с эффектом хорошего тектонического землетрясения. Те, кто проживает рядом с карьерами и шахтами, хорошо знают, что это такое. Каждый год на Урале сейсмическими станциями фиксируется порядка 1500 взрывов.

Но, кроме промышленных взрывов, случаются взрывы иного характера. Нередки аварийные ситуации, которые сопровождаются мощными выбросами сейсмической энергии, и вблизи они ощущаются так же, как землетрясения. Взрываются газопроводы, пороховые заводы, емкости под давлением и т.д. К таким же нежелательным землетрясениям можно отнести и утилизацию просроченных боеприпасов на военных полигонах. Когда взрывы происходят на поверхности, в ближайших населенных пунктах (до 10–20 км) трещат стекла, подкашиваются стены. В связи с утилизацией при неосторожном обращении с боеприпасами стали случаться произвольные взрывы целых арсеналов. Так, 26 мая 2011 года в Башкирском п. Урман и 2 июня 2011 года в п. Пугачево Удмуртской Республики из-за взрывов на складах боеприпасов было эвакуировано несколько тысяч жителей из всех близлежащих населенных пунктов. А сейсмические отголоски девяти са-

мых сильных удмуртских событий (магнитуда от 2,1 до 3,0) фиксировались не только уральскими станциями (расстояние 200–400 км), но и гораздо дальше.

Как видим, сейсмичность Урала – не пустой звук. Конечно, мы живем не в самом опасном районе Земли, но и абсолютно асейсмичным его не назовешь. Если сравнивать его с другими территориями нашей необъятной страны по уровню сейсмической опасности, которую в настоящее время описывают карты общего сейсмического районирования (ОСР-97), то на среднем Урале сейсмичность в среднем на 1 балл выше фона. Здесь выделяется достаточно обширная зона (рис. 4), где каждые 500 лет происходит хотя бы одно землетрясение с интенсивностью 6 баллов. И хотя карты ОСР-97 отражают только природную составляющую сейсмичности, это обстоятельство обязательно учитывается при проектировании и строительстве. Так, для объектов массового промышленного и гражданского строительства используется карта ОСР-97-А. А если речь идет о строительстве зданий и сооружений повышенной ответственности и особо ответственных сооружениях (здания и сооружения, эксплуатация которых необходима при землетрясении или при ликвидации его последствий – системы энерго- и водоснабжения, пожарные депо, сооружения связи; здания с одновременным пребыванием в них большого числа людей – вокзалы, аэропорты, театры, цирки, концертные залы, крытые рынки, спортивные сооружения; больницы, школы, дошкольные учреждения; здания высотой более 16 этажей; другие здания и сооружения, отказы которых могут привести к тяжелым экономическим, социальным, экологическим последствиям и т.п.), то для них нормативными являются карты ОСР-97 в вариантах В и С. На этих картах отмечены районы, где данные объекты должны обладать способностью противостоять даже 8-балльным землетрясениям. Однако, чтобы приведенные цифры не выглядели столь пугающими, тем же беспристрастным языком статистики отметим, что вероятность таких землетрясений достаточно мала: в среднем на Урале – лишь один

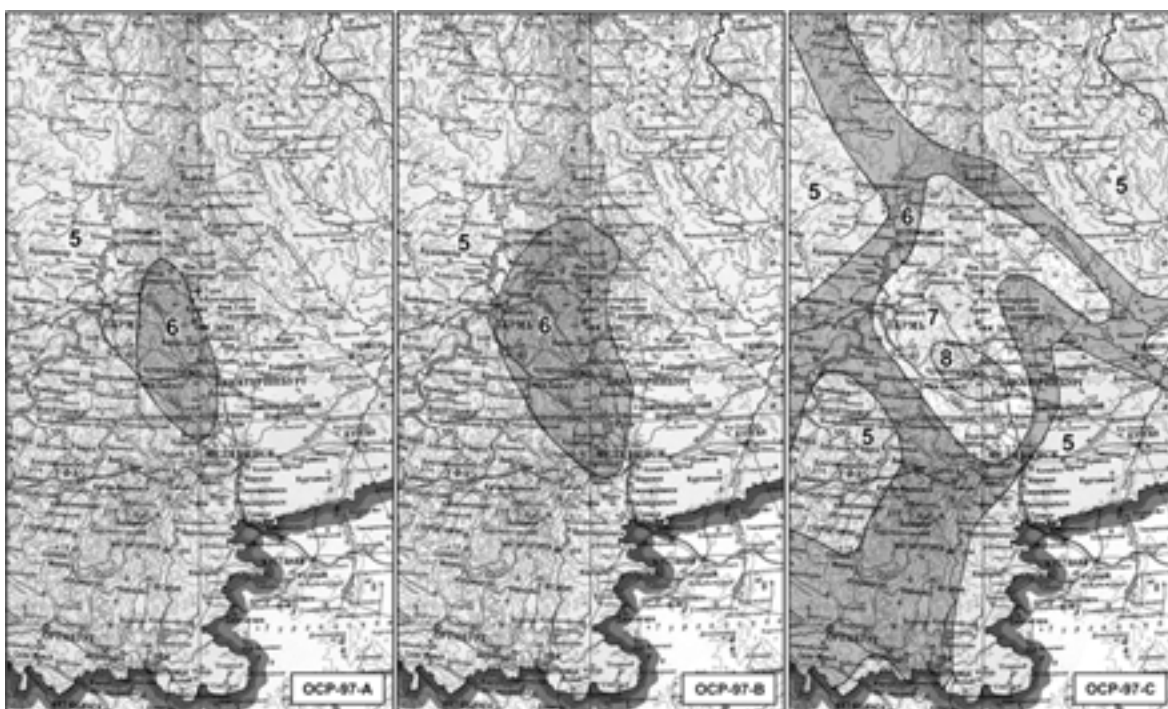


Рис. 4. Фрагменты карт общего сейсмического районирования для Урала [9]

раз в 5000 лет. И что самое главное – эти цифры известны уже давно и мы используем их в расчетах новых строительных конструкций. А раз предупреждены – значит вооружены.

Библиографический список

1. Вейс-Ксенофонтова З.Г., Попов В.В. К вопросу о сейсмической характеристике Урала // Труды СИ АН СССР. №104. – М.-Л.: изд-во АН СССР, 1940. – 12 с.
2. Геологические памятники Пермского края: энциклопедия / под. общ. ред. И.И. Чайковского. – Пермь: Книжная площадь, 2009. – 616 с.
3. Годзиковская А.А., Бесстраинов В.М., Лабзина Е.Ю. Землетрясения и взрывы Восточно-Европейской платформы // Природные опасности России. Т.: Сейсмические опасности. – М.: изд-во «КРУК», 2000. – С. 46–53.
4. Дягилев Р.А., Верхоланцев Ф.Г., Голубева И.В. Качканарское землетрясение 29 марта 2010 года. Параметры очага по данным региональной сейсмологической сети. Макросейсмические проявления // Горное эхо. Вестник Горного института УрО РАН. – 2010. – № 1–2 (39–40). – С. 20–31.
5. Мушкетов И., Орлов А. Каталог землетрясений Российской империи. – СПб.: Типография императорской АН, 1893. – 580 с.
6. Наш надежный друг лед [электронный ресурс]. Режим доступа: http://ribak.com.ua/e-books/about-fishing/about-fishing_857.html.
7. Орловъ А. О землетрясеніяхъ въ приуральскихъ странахъ / Труды общества естествоиспытателей при императорскомъ Казанскомъ Университетѣ. – 1873. – Т. 3, № 3. – С. 1–8.
8. Сейсмические события Уральского региона за 1914–2002 гг. / С.В. Ломакин, А.А. Годзиковская, Н.Е. Прибылова, И.К. Силина, Н.В. Митенкова – М.: Гидропроект, 2002. – 96 с.
9. Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97 [Карты]. Масштаб 1:8 000 000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах – М.: ОИФЗ РАН, 1999. – 57 с.