
ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОПРИРОДНЫЕ
ПРОЦЕССЫ

УДК 550.834.3 (371.1)

СЕЙСМОТЕКТОНИКА СЕВЕРНОГО, СРЕДНЕГО УРАЛА
И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ
ПЛАТФОРМЫ

© 2018 г. В.С. Дружинин, В.Ю. Осипов

*Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН (ИГФ УрО РАН),
ул. Амундсена, 100, г. Екатеринбург, 620016 Россия. E-mail: igfuroran@mail.ru*

Поступила в редакцию 25.04.2017 г.

Впервые на основе тектонической разломно-блоковой модели кристаллической коры и выявленных особенностей сейсмичности Уральской складчатой системы и юго-восточной части Волго-Уральской антеклизы составлены схемы сейсмотектоники, сейсморайонирования и оценки сейсмической опасности, предназначенные, в первую очередь, для особо опасных объектов капитального строительства. Основным элементом схем являются потенциально сейсмоопасные участки (ПСОУ), расположенные, как правило, в местах пересечения глубинных разломов и субширотных дислокаций, которые объединяют близ расположенные одной направленности тектонические сейсмические события по природе и триггерно-индуцированные по характеру проявления. Предложено обозначить сейсмические события подобного вида как тектонические триггерно-индуцированные землетрясения (ТТИЗ).

Ключевые слова: *земная кора, сейсмотектоника, сейсмичность, сейсморайонирование, потенциально сейсмоопасные участки, тектонические триггерно-индуцированные землетрясения.*

ВВЕДЕНИЕ

Урал относится к территории, где основные тектонические процессы, связанные с формированием его как складчатой системы, завершились в позднем палеозое – раннем мезозое. Тем не менее в пределах Среднего Урала и соседних регионов Русской плиты зарегистрировано в относительно короткий промежуток ограниченных инструментальных наблюдений (начиная с начала XX в.) достаточное количество разного рода сейсмических событий с $M=2.0-4.7$. Количество их возрастает (особенно мелких) по мере расширения сейсмологических наблюдений. Среди них выделяются Билимбаевские землетрясения, происшедшие в августе 1914 г. с $M=5.0$ и балльностью 6–7, и несколько менее значительных с $M=4.0-4.7$ в начале XXI в.

В настоящее время существуют разные мнения:

– о природе сейсмичности: техногенная [4, 17, 19, 26], наведенная природная [2, 16, 21], тектоническая сейсмичность [1, 6, 13, 30];

– о территориальном аспекте сейсмичности: только область (район) оконтуривания зарегистрированных сейсмических событий, где возможны землетрясения силой максимальной из

зафиксированных [28], или – расширение возможных районов сейсмичности, исходя из тектонических критериев, контролирующих уже известные землетрясения в Уральском регионе [9, 12];

– о подходах к детальному сейсмическому районированию: осуществлять его на основе “доменной” технологии [28] или с реализацией дискретного подхода применительно к разломно-блоковой модели среды [6, 9] с выделением потенциально сейсмоопасных участков геологической среды.

В статье предпринята попытка рассмотрения упомянутых спорных аспектов на основе сейсмотектонического макета кристаллической коры Уральского региона, созданного по результатам исследований ИГФ УрО РАН [7, 8], и уточненного каталога сейсмических событий [13, 16].

Включение в рассмотрение территории восточной части Волго-Уральской антеклизы, отличной от Урала по строению и истории формирования земной коры, позволит расширить информацию о платформенных землетрясениях. Некоторые сведения о тектонике земной коры Волго-Уральской антеклизы увязаны с составленной тектонической схемой кристаллической коры Уральского региона.

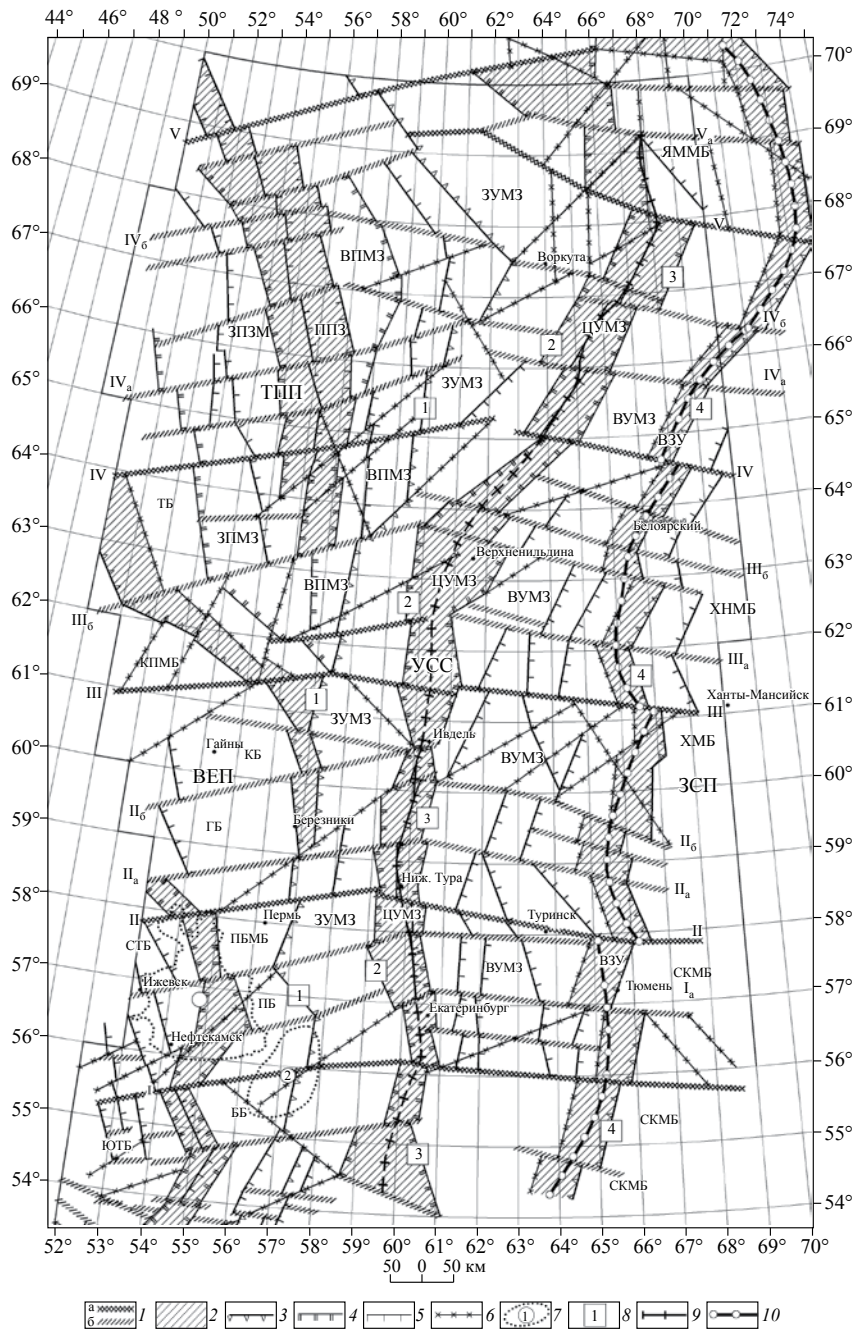


Рис. 1. Схема современной тектоники земной коры Уральского региона и восточной окраины Восточно-Европейской платформы.

Буквами обозначены структуры Уральской складчатой системы и прилегающих районов. УСС – Уральская складчатая система: ЗУМЗ – Западно-Уральская мегазона, ЦУМЗ – Центрально-Уральская мегазона, ВУМЗ – Восточно-Уральская мегазона; ЯММБ – Ямалский мегаблок, ВЗУ – восточная зона собственно Урала; ВЕП – Восточная окраина Восточно-Европейской платформы; КПМБ – Коми-Пермский мегаблок, КБ – Коми-блок, ГБ – Гайнинский блок, ПБ – Пермский блок, ПБМБ – Пермско-Башкирский мегаблок, ББ – Башкирский блок, СТБ – Северо-Татарский блок, ЮТБ – Южно-Татарский блок; ТПП – Тимано-Печорская плита; ЗПМЗ – Западно-Печорская мегазона, ТБ – Тиманский блок, ВПМЗ – Восточно-Печорская мегазона, ППЗ – Печорская пограничная зона; ЗСП – Западно-Сибирская плита; СКМБ – Северо-Казахстанский мегаблок, ХМНМБ – Ханты-Мансийский мегаблок, ХМБ – Ханты-Мансийский блок.

1 – зоны (полосы) субширотных дислокаций: а – основные (I–V), б – второстепенные (I_а–IV_б); 2 – пограничные структуры между геоструктурами (ВЕП, ТПП, УСС, ЗСП); границы структур, совпадающие с глубинными разломами: 3 – геоструктур; 4 – мегаблоков и мегазон; 5 – блоков и зон; 6 – глубинные разломы; 7 – контуры: Калтасинского авлакогена (1), Уфимского плато (2); 8 – основные глубинные разломы верхней части литосферы: Восточный разлом восточной окраины ВЕП (1), Западный разлом ЦУМЗ – Салатимский (2), Восточный разлом ЦУМЗ – Серовско-Маукский (3), Западный разлом Западно-Сибирской платформы (4); 9 – Платиноносный глубинный разлом; 10 – дугообразные сегменты пограничного шва.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ

Для решения поставленной задачи привлечена следующая информация:

- схематическая тектоническая карта земной коры Средней и Северной частей Уральского региона, составленная впервые на основе созданной объемной геолого-геофизической разломно-блоковой модели верхней части литосферы в составе трех основных ее частей: приповерхностной части разреза земной коры; кристаллической коры, включая переходный мегакомплекс на границе с породами верхней мантии; комплексы верхней мантии до глубины принятой поверхности изостатического выравнивания 80.0 км (рис. 1);

- каталог сейсмических событий для территории Среднего Урала и восточной окраины Восточно-Европейской платформы (ВЕП), приведенные в работах по первому [2, 7, 9, 13, 16, 30] и второму [3, 18] районам;

- информация о достаточно сильном для Уральского региона Староуткинском землетрясении $M=4.7$, зарегистрированном Пермской сетью ближних сейсмостанций и обсерваторией Арти, впервые позволившая определить механизм очага этого события [24].

В отличие от технологии ОСР-12 [28] за основу взята разломно-блоковая модель среды и обнаруженная согласованность расположения эпицентров событий с элементами разрывной тектоники земной коры.

Для восточной окраины ВЕП информация о глубинном строении земной коры ограничена. Поэтому для реализации выбранного подхода использована информация о тектонике приповерхностной части земной коры (рис. 2), представленная тектонической схемой новейшей тектоники по Северо-Татарскому своду и схемой рельефа кристаллического фундамента в сопоставлении с данными дешифрирования цифровой модели рельефа. На схеме (рис. 2а, б) выделены разломные элементы, вероятно соответствующие глубинным разломам, на это указывают результаты изучения территории Среднеуральской области повышенной сейсмичности в отношении связи поверхностных структур и глубинной основной тектоники [7, 8].

На рис. 3 приведена объединенная схема сейсмостектоники земной коры восточной окраины ВЕП, Уральской складчатой области и западной части Западно-Сибирской платформы с координатами 54° – 63° с.ш., 48° – 68° в.д. На рис. 4 представлена схема сейсмодрайонирования Среднеуральской области, позволяющая реализовать более

дифференцированный подход к оценке сейсмической опасности с учетом степени ответственности конкретных объектов строительства.

Кристаллическая кора Уральского региона (Средний и Северный Урал) представлена тремя *субмеридиональными мегазонами* Уральской складчатой системы (УСС): Западно-Уральской (ЗУМЗ), Центрально-Уральской (ЦУМЗ), Восточно-Уральской (ВУМЗ), и *геоструктурами обрамления*: восточной окраиной ВЕП, включая Тимано-Печорскую плиту, и Западно-Сибирской платформой на востоке. Главные особенности УСС сосредоточены в ее центральной мегазоне – пограничной структуре между двумя платформами Евразийского континента [7, 8]. В поверхностных структурах ей соответствуют Тагильско-Магнитогорский прогиб и соседние структуры поднятий. Такая особенность может указывать на многоэтапное развитие пограничной структуры континентальной коры. Зона перехода к структурам ВЕП представлена по данным глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) двумя глубинными разломами, соответствующими Салатимскому и Платиноносному геологическим разломам. Главный из них – Салатимский, проходит по западной окраине Центрально-Уральского поднятия, Платиноносный соответствует западной границе Тагильско-Магнитогорского палеозойского эвгеосинклинального прогиба. На Среднем Урале оба разлома сближены, на Северном и Полярном, севернее 64° с.ш. они расходятся, и расстояние между ними достигает 100–150 км. Соотношение приповерхностной геологии консолидированной коры и глубинного строения ЗУМЗ и ВУМЗ следует также рассматривать с позиции многопланового развития УСС. Согласно этим данным, в состав ЗУМЗ отнесен Предуральский прогиб, его допалеозойская составляющая, а в пределах ВУМЗ на общем фоне докембрийского поднятия прослежены разномаштабные отрицательные палеозойские структуры различного заложения и природы. Доминирующий характер древнего поднятия ВУМЗ проявлен на территории севернее 64° с.ш.

По специфике глубинного строения и положению между разнотипными структурами кристаллической коры выделены также пограничные зоны на северо-востоке, востоке и юго-востоке ВЕП, которые разделяют мегаблоки, соответствующие раннеархейскому и раннепротерозойскому этапам развития (Калтасинская рифт-авлакогенная структура). Принципиальное тектоническое значение принадлежит пограничной зоне между УСС и древней Западно-Сибирской платформой, которая южнее широты 58° с.ш. сменяется

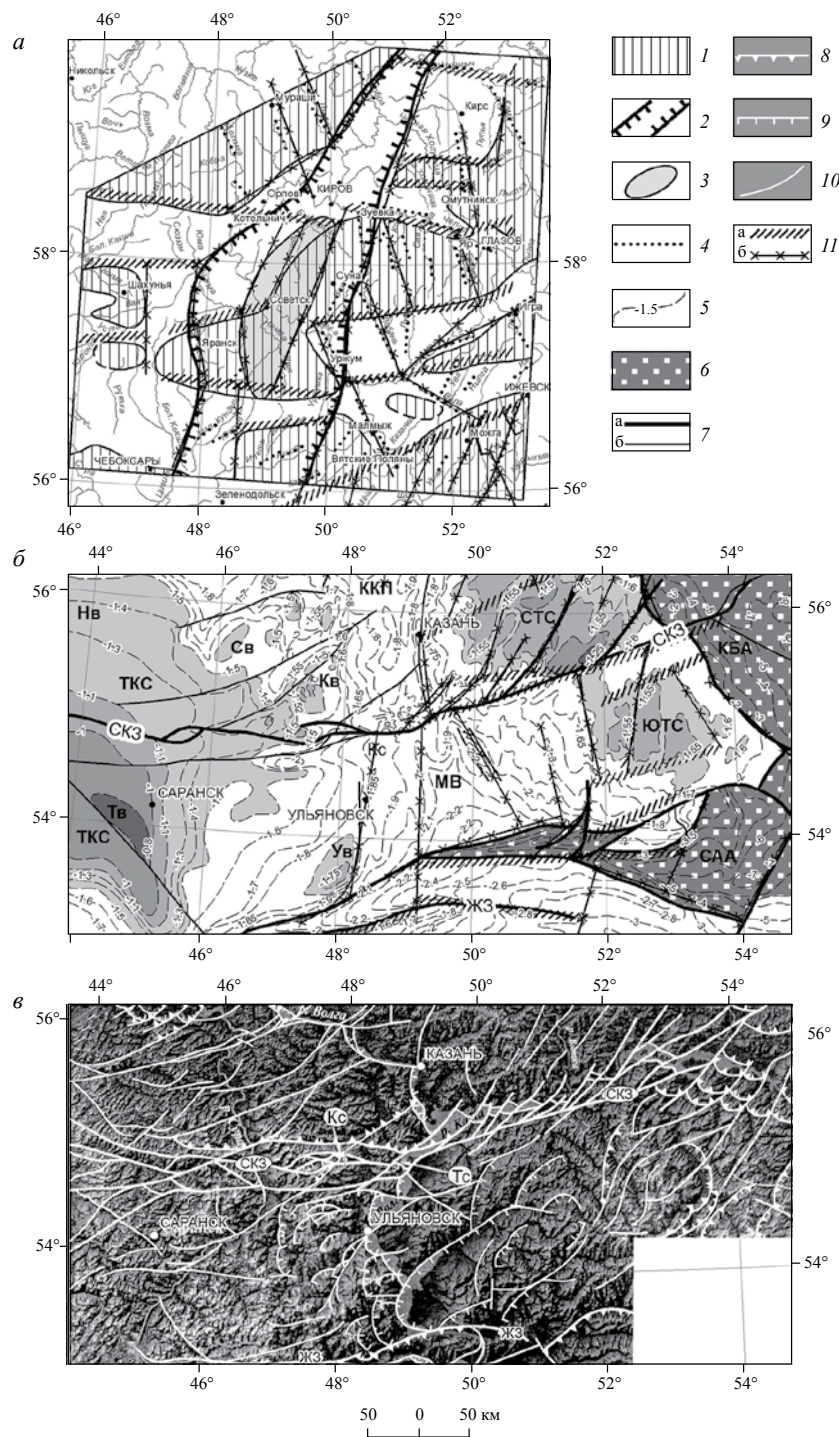


Рис. 2. Схемы неотектонического районирования восточной части Восточно-Европейской платформы: *а* – Вятско-Камский регион [15]; *б, в* – Волго-Уральский регион [14]: структуры, выделенные по поверхности кристаллического фундамента (*б*) и на основании дешифрирования цифровой модели рельефа (*в*).

1 – новейшие поднятия, сопряженные с прогибами; контур: 2 – Вятских дислокаций, 3 – депоцентра (ядро прогиба) Казанско-Кажимского девонско-раннекаменноугольного прогиба [14]; 4 – структурные линейменты (новейшие дизъюнктивы?); 5 – изогипсы поверхности кристаллического фундамента; 6 – рифейские авлакогены; 7 – разломы: а – главные, б – второстепенные; 8 – взбросо-надвиги; 9 – сбросы; 10 – разломы (схема *в*); 11 – структуры, согласующиеся со структурами кристаллической коры Уральского региона: а – субширотные дислокации, б – глубинные разломы.

Буквенными индексами обозначены зоны дислокаций: СКЗ – Сурско-Камская, ЖЗ – Жигулевская; рифейские авлакогены: КБА – Камско-Бельский, САА – Серноводско-Абдулинский; ТКС – Токмовский свод и его вершины: Н – Нижегородская, Св – Сундырская, Кв – Канашская, Ув – Ульяновская, Тв – Токмовская; выступы: СТС – Северо-Татарский, ЮТС – Южно-Татарский; депрессии: ККП – Казанско-Кажимская, МВ – Мелекесская; локальные структуры: Кс – Карлинская, Тс – Тетюшинская.

древними структурами Северного Казахстана. Это соответствует смене геологического содержания приповерхностной отрицательной структуры: Тюменско-Кустанайский прогиб сменяется Шеркалинским прогибом сложной формы и не повсеместным развитием.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ

Результаты исследований по созданию объемной геолого-геофизической модели верхней части литосферы и на ее основе схемы тектонического районирования земной коры изложены в ряде статей и монографий [6–8, 11]. Следует отметить некоторые особенности рассматриваемой Среднеуральской области относительно повышенной сейсмичности, расположенной между двумя древнейшими поднятиями: Южно-Татарским сводом (ЮТС) восточной окраины ВЕП и Ханты-Мансийским массивом (блоком) западной части Западно-Сибирской платформы. Поднятия расположены западнее и восточнее Среднеуральской области и на разных широтах, что подчеркивается наличием серии глубинных разломов восточно-северо-восточного простирания. В поверхностных структурах этому соответствуют Уфимский амфитеатр Западного склона Урала (см. рис. 4), Тараташский выступ южнее широты 55° с.ш., резкие изменения контуров открытого Урала в районе широт 58° – 59° с.ш. и смена возраста и строения домезозойского фундамента, соответствующая прекращению прослеживания Тюменско-Кустанайского прогиба Западно-Сибирской геосинеклизы (см. рис. 1). В этом же коридоре (на рис. 4 обозначен Б) наблюдается сокращение размеров активных геоструктур ЦУМЗ практически вдвое. Здесь же отмечено резкое смещение на запад восточной границы нео-Урала (по В.Н. Пучкову [23]). Из выполненного анализа следует, что некоторые районы рассматриваемой территории, в прошлом подвергнутые динамическим преобразованиям, находятся в стадии современной *локальной активизации* и соответственно характеризуются наличием признаков новейшей активизации разломов.

Другая характерная особенность Среднеуральской области – существование глубинных субширотных дислокаций, вероятно, звеньев планетарной системы, которые проявляют активность и динамическое воздействие в разной степени на всех этапах развития. Данный вопрос рассмотрен в статьях [10, 11]. Результатом воздействия различного рода сил в разных направлениях создан современный сложный тектонический образ геологической среды, в общих чертах отображенный

в составленной тектонической схеме. Ее главным преимуществом является то, что она, в отличие от существующих тектонических карт, *учитывает специфику* глубинного разломно-блокового строения земной коры. Наблюдаемые значительные отклонения в положении пограничных зон относительно осредненного субмеридионального простирания, возможно, свидетельствуют о роли субширотных дислокаций в создании современной тектонической глубинной модели Уральско-го региона.

Сейсмичность

Характеристика сейсмичности Уральской области и восточной окраины ВЕП приведена в работах [1, 6, 9, 12, 13, 17, 18, 22, 24, 30]. Наибольшее количество сейсмических событий приходится на Южно-Татарский свод, пограничный Калтасинский региональный линеймент ВЕП [10], пограничную зону между Пермско-Башкирским мегаблоком и Западным Уралом (включая Уфимский амфитеатр в структуре открытого Урала), Центральную пограничную зону Урала (Тагильский прогиб). Интересной особенностью является отсутствие в рассматриваемый временной период сейсмических событий в Зауралье (ВУМЗ), древний фундамент которого относительно стабилен в меньшей степени, чем в ЦУМЗ, переработан палеозойской активизацией и перекрыт достаточно мощным слоем осадочных мезозойско-кайнозойских отложений. Затухание сейсмичности отмечено между Южно-Татарскими и Уральскими землетрясениями.

Отличительная особенность уральской сейсмичности – незначительные глубины и интенсивности землетрясений. Основная их масса сосредоточена в верхних горизонтах земной коры (до 10 км) и имеет магнитуду от 1 до 4. За рассматриваемый инструментальный период наблюдений (XX в. и начало XXI в.) зарегистрировано Билимбаевское событие в августе 1914 г. с $M=5$ и глубиной очага 20–25 км, приуроченное к Платиноносному глубинному разлому, точнее к участку его пересечения с тектоническим нарушением северо-восточного простирания (см. рис. 4). Приуроченность его к глубинному разлому первоначально была установлена по данным системы непрерывных сейсмических наблюдений на Свердловском профиле ГСЗ, который прошел южнее эпицентра события [13, 30], а пространственное положение – по результатам выполненного объемного тектонического районирования, представленного в данной работе. Спустя столетие в этом районе,

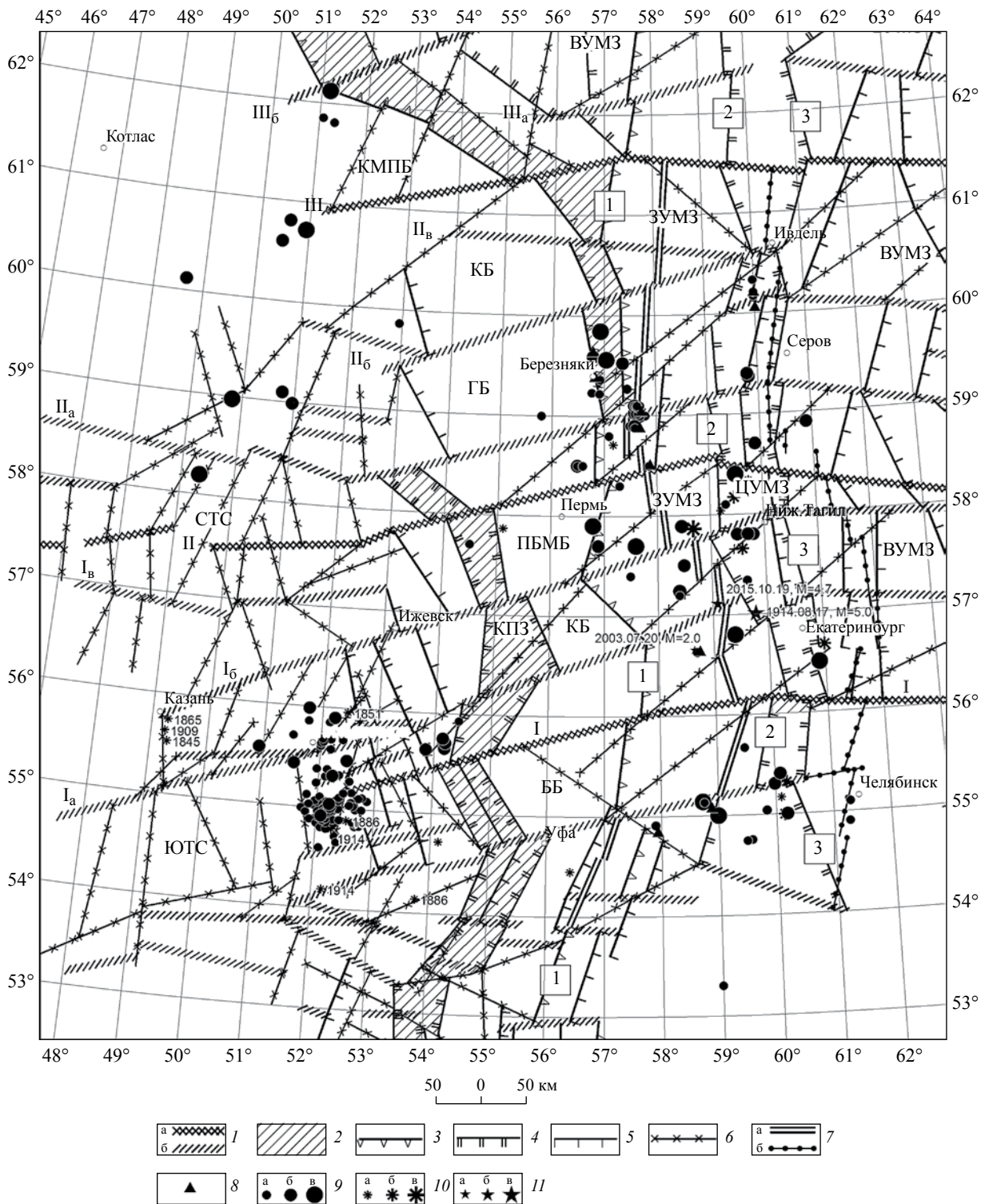


Рис. 3. Схематическая карта сеймотектоники Уральского региона и восточной окраины Волго-Уральской антеклизы ВЕП.

I – полосы субширотных дислокаций: а – основные полосы дислокаций (I, II, III), б – второстепенные дислокации, входящие в состав полос (I_а, I_б, I_в; II_а, II_б, II_в; III_а, III_б); 2 – пограничные структуры; 3 – западная граница УСС, совпадающая с глубинными разломами; границы: 4 – основных блоков; 5 – второстепенных блоков и зон; 6 – глубинные разломы; 7 – границы открытой части УСС: а – западная, б – восточная; 8–11 – сейсмические события различной природы за период 1626–2015 гг. и их магнитуда: инструментально зарегистрированные события: 8 – места горно-тектонических ударов, 9 – природно-тектонического характера, 10 – “исторические” события, зарегистрированные в разного рода документах: а – M=3.5, б – M=3.6–4.5, в – M=4.6–5.5; 11 – землетрясения: а – Сабарское, б – Шалинское, в – Билимбаевское. На карте цифрами указаны даты и магнитуды землетрясений. Остальные обозначения см. рис. 1.

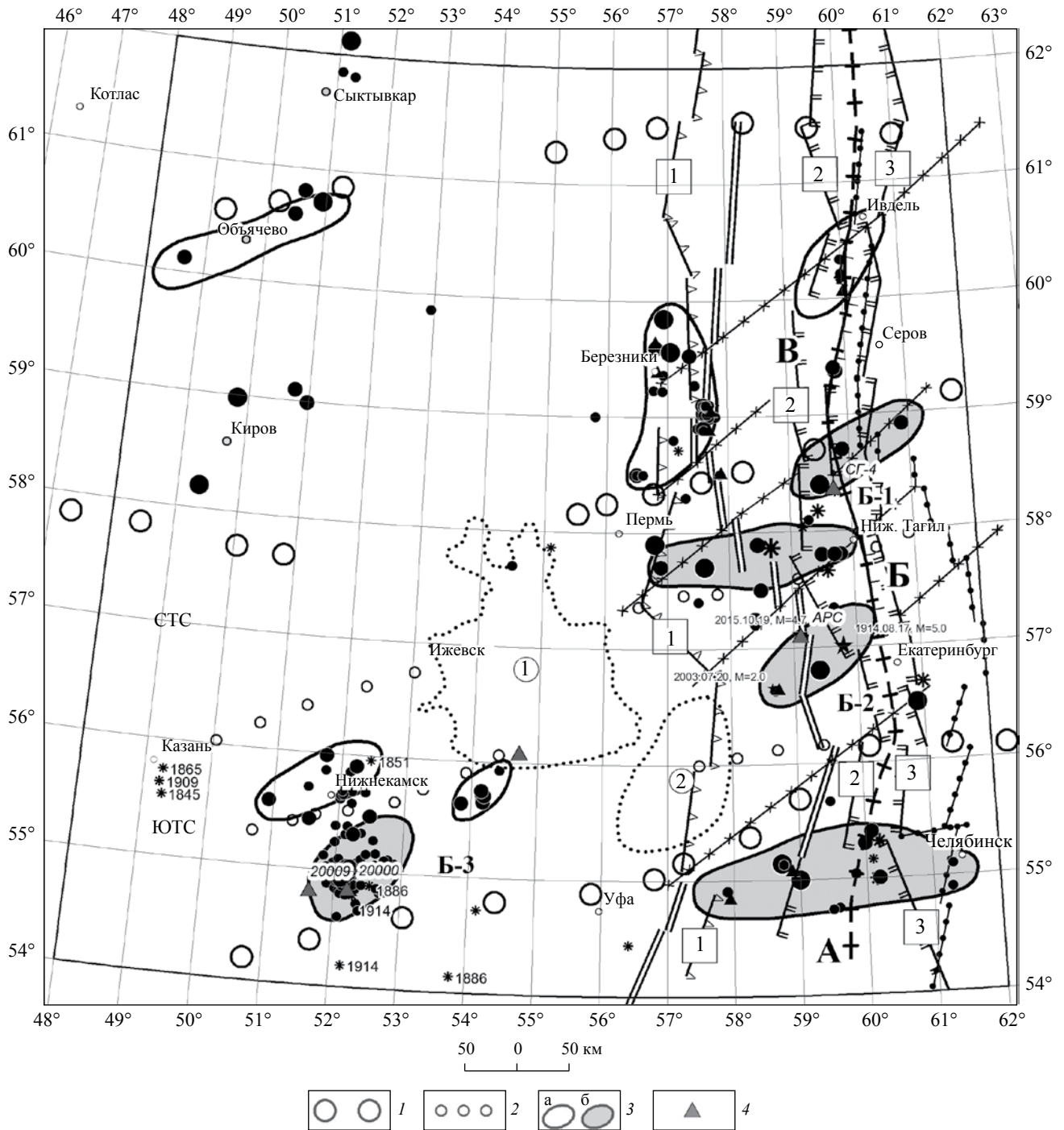


Рис. 4. Схема сейсморайонирования Уральской складчатой системы и восточной окраины Восточно-Европейской платформы.

1 – границы субширотных полос (зон) повышенной сейсмической опасности (А, Б, В): А – Южно-Уральский сектор, Б – Среднеуральский сектор, В – Североуральский сектор; 2 – границы сейсмоопасных районов Среднеуральского сектора: Б-1 – Лысьва-Качканарский, Б-2 – Бисерть-Первоуральский, Б-3 – Альметьевский; 3 – потенциально сейсмоопасные участки (ПСОУ), включая: а – тектонические триггерно-индуцированные землетрясения (ТТИЗ) с интенсивностью (J) меньше 6 баллов по шкале MSK-64, б – ТТИЗ с повышенной категорией опасности в ближайшее 100-летие с $J \geq 6$ баллов по шкале MSK-64; 4 – скважины: сверхглубокого бурения – Уральская (СГ-4); глубокого бурения – Новоелховская (20009), Мининбаевская (20000), Орьбашевская (ОРБ), параметрическая глубокая – Аракаевская (АРС). Остальные обозначения см. рис. 1, 3.

как и предполагалось [13], произошло новое достаточно значительное, хотя и несколько меньшей интенсивности Староуткинское землетрясение с глубиной очага 12 км и $M=4.7$. Оно приурочено к пересечению глубинного Салатимского разлома, которому в приповерхностных структурах соответствует западная граница обнаженного Урала и участку их пересечения с тектоническим элементом северо-восточного простирания (см. рис. 4). Наблюдается интересная тектоническая особенность строения и соотношения субмеридиональных структур и глубинных разломов в разных широтных коридорах.

В качестве примера рассмотрено положение контуров открытого Урала (нео-Урала) по отношению к основным глубинным разломам верхней части литосферы Уральского региона. Оно существенно меняется на разных широтных коридорах. В интервале широт 58° – 60° западная граница нео-Урала сближена к Восточному пограничному разлому ВЕП; восточная граница нео-Урала — к Восточному разлому ЦУМЗ. Южнее (широты $56^{\circ}30'$ – 58° с.ш.) западный контур открытого Урала тяготеет к Восточному разлому ЦУМЗ.

Такая картина свидетельствует о присутствии на неотектоническом этапе и в современной модели тектонических напряжений противоположной направленности относительно глубинных разломов. Наличие зон относительно повышенной сейсмичности (см. рис. 4) подтверждает современную активность земной коры. Следствием изменения тектонической обстановки является разнообразие в проявлении надвиговой тектоники в верхнем сейсмогеологическом этаже западного склона Урала и соответственно горизонтальный масштаб покровов.

Сопоставляя положение известных разломных структур по обнаженному Уралу и пограничной зоне на востоке УСС (см. рис. 1, 3), можно предположить, что особенности поднадвиговой тектоники и, по-видимому, сейсмичности Западного Урала обусловлены разнообразием геодинамической обстановки в процессе PZ_2 – J -активизации на востоке древней Западно-Сибирской платформы [8] и повышением напряжений земной коры на ЮТС. В то же время приведенные данные свидетельствуют о *локальном характере* современной активности земной коры, ее проявлении в виде сравнительно незначительных сейсмических событий в потенциально-сейсмоопасных участках (ПСОУ), группирующихся около узловых точек тектоники кристаллической коры. Уральская сейсмичность отличается от землетрясений, происходящих в пределах современной масштабной

активизации литосферы в пограничных планетарных зонах сопряжения крупнейших геоструктур планеты (к примеру, Тихоокеанский пояс), в частности отсутствием афтершоков. Это требует особого подхода к анализу и прогнозу платформенных сейсмических событий, коими являются землетрясения указанного типа.

Староуткинское землетрясение (18.10.2015)

Эпицентр Староуткинское землетрясения находится в непосредственной близости к Аракаевской глубокой параметрической скважине ($H>5$ км) (см. рис. 3, 4). Бурение скважины сопровождалось многочисленными авариями особенно в нижней части вскрытого разреза, что свидетельствует о непростой тектонической обстановке. Реальная ситуация оказалась намного сложнее, чем это предполагалось по надвиговой гипотезе, и отвечает специфике глубинного тектонического строения на рис. 3, 4. Сложная тектоника геологической среды Урала в подтверждение данному по прогнозу ГСЗ была установлена и в процессе бурения Уральской сверхглубокой скважины (СГ-4), а также других глубоких скважин на Западном и Восточном Урале (Калгунинская, Тимано-Печорская, Янгиюганская и др.).

В районе СГ-4 в 2010 г. произошло Качканарское землетрясение с $M\sim 4$ [12], находящееся в подобной тектонической обстановке, как и рассмотренные события в секторе Б. Это свидетельствует о существовании в верхней части земной коры Западного Урала и Тагильского прогиба тектонических напряженных участков, активность которых проявляется в виде землетрясений, во время которых происходит мгновенный сброс накопленных напряжений, что подчеркивает нелинейность динамики геологической среды.

Параметры Староуткинское землетрясения, согласно работе [24]: широта $57^{\circ}12'$ с.ш., долгота $59^{\circ}05'$ в.д., глубина гипоцентра 10–12 км, $M=4.7$. На рис. 5 приведены данные этого события, зафиксированные десятью станциями Пермской региональной сети и обсерваторией ИГФ УрО РАН. По записям станций, расположенных в ближней зоне (100–200 км), впервые для Уральских событий удалось определить его механизм [24]. Оно произошло в обстановке сжатия, ориентированного в восточно-северо-восточном направлении, что соответствует направлению серии глубинных разломов (см. рис. 4). Интересно отметить, что сейсмические события на Южно-Татарском своде сконцентрированы в более компактную группу землетрясений

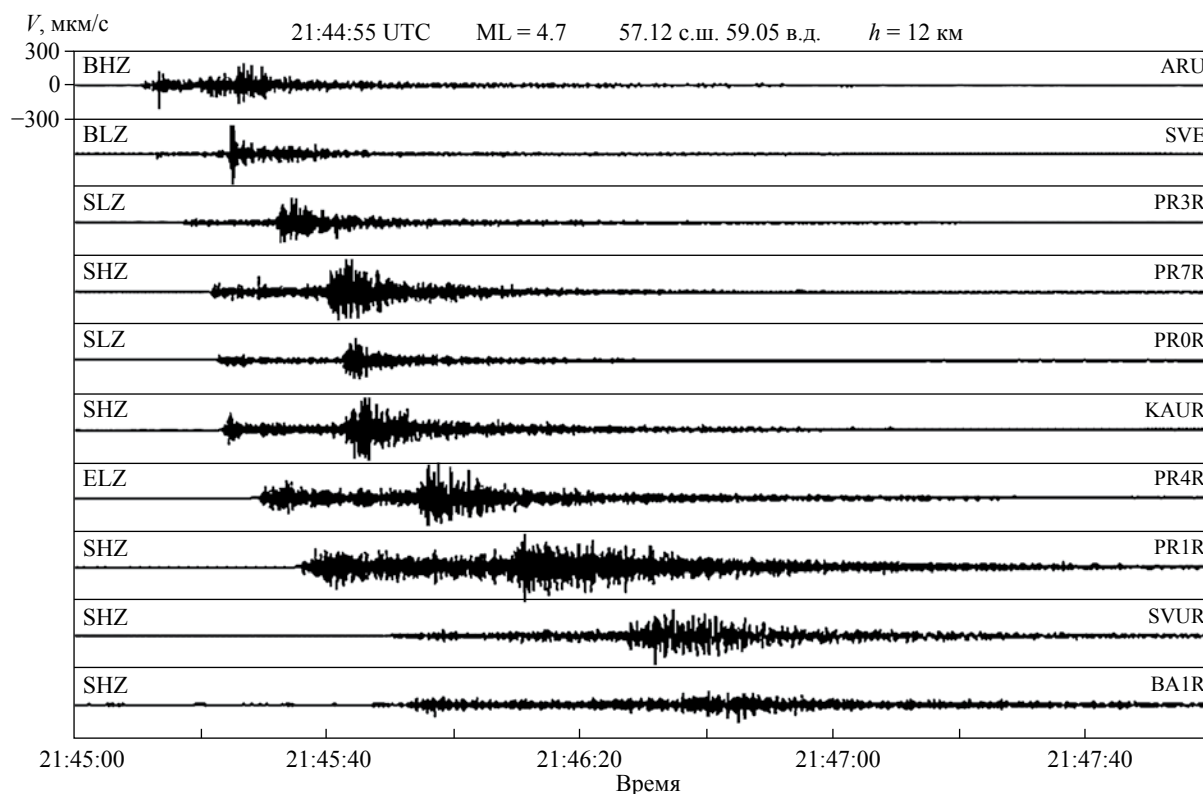


Рис. 5. Сейсмограммы землетрясения, произошедшего 18 октября 2015 г. в районе г. Староуткинск (Свердловская область) [24]. ARU, BA1R, PR0R, PR1R, PR3R, PR4R, PR7R, KAUR, SVE, SVUR – региональные сейсмостанции, зарегистрировавшие событие; BHZ, BLZ, SLZ, SHZ, ELZ, SHZ – шифры вертикальных каналов сейсмостанций; диапазон скорости смещений грунта (V , мкм/с): $-300 \div 300$ мкм/с.

с преобладающей субмеридиональной направленностью и приуроченностью их к участкам пересечения с субширотными дислокациями. Пространственно они тяготеют к крупным районам добычи нефти.

На основе приведенных сведений следует рассматривать Староуткинское событие в качестве примера *тектонического триггерно-индуцированного землетрясения* (ТТИЗ), произошедшего в результате резкого изменения существующего напряженно-деформированного состояния недр на локальном участке в пределах бурения глубокой параметрической скважины. То же самое относится к Татарским землетрясениям. На существующее повышенное напряженное состояние геологической среды в районе глубинной флюидодинамической зоны, способствующей формированию огромных объемов месторождений углеводородов [5], оказывает триггерное воздействие интенсификация эксплуатационных работ по мере уменьшения запасов месторождений углеводородов. Подобного рода сейсмические события характерны не только для УСС и восточной окраины ВЕП, но возможно и для других природно-техногенных землетрясений на платформах.

Принятая аббревиатура “ТТИЗ” подчеркивает их тектоническую природу и триггерный, индуцированный механизм воздействия, как одно из проявлений нелинейности геологической среды [1, 20, 25]. Как показали результаты сверхглубокого и глубокого параметрического бурения, реакция геологической среды происходит с некоторым временным запаздыванием. В частности, бурение Аракаевской скважины было закончено в 2005 г.

Сейсморайонирование, оценка сейсмической опасности

В соответствии с изложенной картиной сейсмотектоники и характера сейсмичности Уральского региона предлагается следующая поэтапная технология сейсморайонирования, оценки сейсмической опасности:

- учет составленной схемы сейсмотектоники с ее конкретизацией в процессе всестороннего рассмотрения широким кругом специалистов;
- проведение детализации работ и геолого-геофизического мониторинга намеченных потенциально сейсмоопасных участков (ПСОУ). Это следует делать для строящихся и уже построенных сооружений, зданий и объектов, относящихся

к категории особо опасных при их расположении в пределах ПСОУ; основная цель дополнительных исследований – конкретизировать тектоническую обстановку и определить ее активность на современном этапе развития;

– анализ сейсмической опасности, заключающийся в прогнозе места, времени и возможной балльности землетрясений группы ТТИЗ.

Это трудно решаемые задачи, особенно учитывая специфику сейсмичности Урала и Южно-Татарского свода (платформенная сейсмичность): локальный характер сейсмичности, непрогнозируемость места события и его времени, что обусловлено сложностью тектонического строения геологической среды, а также нелинейным характером геологических процессов.

В этих условиях необходимо разделить проектируемые к строительству и уже построенные сооружения на 2 группы:

– массового строительства, для которой *не требуется учитывать сейсмическую опасность* при общей оценке балльности для Уральского региона до 6 баллов;

– особо опасные в экологическом отношении объекты, попадающие на ПСОУ, для которых следует учитывать возможные последствия сейсмических событий балльностью 6.0 и более, которая реальна для последующих процессов в земной коре и интенсификации внешних воздействий. Для обеспечения сейсмической безопасности необходимо выполнить на стадии проектирования дополнительные исследования с задачами, обозначенными выше.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. В земной коре существуют локальные динамически активные элементы (ДАЭ), которые в сейсмическом отношении соответствуют ПСОУ, являющимися потенциальными источниками скопления деформации и излучения накопленной упругой энергии под воздействием природных и техногенных источников. Сейсмический процесс – результат эволюции многомасштабной и иерархически организованной нелинейной динамической системы [29]. В этом, в частности, проявляется современная тектоническая активность геологической среды Уральского региона и структур его обрамления.

2. Потенциально сейсмоопасные участки, как правило, приурочены к местам пересечения

глубинных субширотных дислокаций и разломов северо-восточного простирания.

3. Определяющий механизм воздействия – триггерный: наведенная сейсмичность (по А.В. Николаеву [19]) или влияние сильных удаленных землетрясений ($M > 6.0$), массовых промышленных взрывов в карьерах или шахтах Урала; создание крупных гидротехнических сооружений; эксплуатационные работы по извлечению углеводородного сырья на крупных нефтегазовых месторождениях; изменение скорости вращения планеты Земля и другие аномальные факторы, которые можно объединить под общим названием природно-техногенные (В.В. Адушкин [1, 27]).

Сейсмические события подобного рода можно конкретизировать как тектонические триггерно-индуцированные землетрясения. Наличие природных источников воздействия *в виде движения блоков по разломам для современного этапа развития Уральского региона маловероятно* в виду ограниченности энергетической составляющей в современной модели земной коры Уральского региона.

4. Широтная зональность Уральского региона, выявленная в тектонической модели кристаллической коры и приповерхностных структурах [10, 11], находит подтверждение в составленной схеме сейсмичности Урала и структур обрамления, а также в изменении ориентации тектонических современных напряжений земной коры Центральной мегазоны УСС. Схема составлена С.Н. Кашубиным [13]. При этом им использовались определения квазианизотропии на основе азимутальных аномалий продольных и поперечных волн, зарегистрированных на субмеридиональном профиле Вижай-Орск.

5. По простиранию УСС и структур ее обрамления намечено несколько субширотных секторов с размерами около 4° с.ш. каждый. Особенно активен в настоящее время – средний сектор, расположенный на восточной окраине ВЕП в интервале широт 54° – 58° с.ш., и в ЦУМЗ в интервале 58° – 60° с.ш.

Средний сектор приходится на западную часть УСС, пространственно совпадающую с Уфимским амфитеатром в структуре контура открытого Урала. Происходит и сокращение горизонтальных размеров ЦУМЗ (интервал широт 56° – 60° с.ш.). Возможна его приуроченность к этому коридору района повышенной сейсмичности Южно-Татарского свода ВЕП в интервале широт 54° – 56° с.ш. Вероятно его продолжение в том же восточно-северо-восточном направлении в сторону Западно-Сибирского обрамления в интервале

широт 59° – 61° с.ш., охватывающем крупные районы добычи углеводородного сырья. Южнее широты 55° с.ш. (район Южного Урала) происходит смена тектонического плана и ориентации тектонических направлений: восточно-северо-восточное сменяется на восточно-юго-восточное. Между ними находится пограничная субширотная зона, которая сопровождается зоной локальных землетрясений того же направления (см. рис. 3, 4).

6. Максимально возможная магнитуда ТТИЗ оценивается величиной 5.5. Сейсмическую опасность в ближайший период представляет средний сектор (Южно-Татарский свод, крупнейший район нефтедобычи и западная часть УСС; на востоке возможно Ханты-Мансийский блок, аналогичный по глубинному строению и нефтеносности ЮТС). Большие объемы и интенсивность эксплуатационных работ оказывают значительное накопительное динамическое воздействие на тектонически раздробленную среду.

7. Оценка сейсмической опасности для рассматриваемой части Уральского региона должна быть иной, чем это вытекает из содержания карты общего сейсмического районирования территории России (ОСР-12). Она может базироваться на предложенной схеме сейсмоструктуры, где выделены ПСОУ. Дополнительные исследования необходимы при проектировании и на уже действующих экологически опасных предприятиях и сооружениях, попадающих в обозначенные локальные зоны. Эти работы должны уточнить тектоническую обстановку и оценить современную активность геологической среды с помощью проведения сейсмических наблюдений и комплексного геофизического мониторинга, включая аэрокосмические наблюдения.

На рис. 4 представлена схема сейсморайонирования и оценки сейсмической опасности для особо опасных объектов и сооружений Среднеуральской области повышенной сейсмичности. Основные элементы схемы – потенциально сейсмоопасные участки *тектонических триггерно-индуцированных землетрясений* (ТТИЗ), которые выделены с учетом разломной тектоники кристаллической коры и масштабы проявления такого рода событий в период инструментальных наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подытоживая анализ уральской сейсмичности, как проявления современной активности геологической среды, подчеркнем, что рассмотрение динамики геологической среды Уральской складчатой

системы необходимо проводить с учетом геоструктур обрамления и, прежде всего, древнейших из них, оказывающих влияние в разные периоды развития УСС, в том числе и на современном этапе. То же самое относится к строению геологической среды, минерализации и сейсмичности.

В пределах Среднеуральской области выделяется на широте 56° – 60° с.ш. единый район по сейсморазломной обстановке (режим сжатия со сдвиговой составляющей), в границах которого могут происходить сейсмические события магнитудой до 5.0–5.5. Указанный район объединяет ряд ПСОУ, различающихся по величине происходящих землетрясений, отмеченных за столетний период инструментальных наблюдений. Но каждый из них потенциально опасен. Поэтому при проектировании и эксплуатации особо ответственных объектов и экологически опасных сооружений, расположенных на территории указанных локальных потенциально сейсмоопасных участков, необходимо проведение специальных инженерных изысканий по уточнению структурно-тектонической обстановки и комплексных мониторинговых наблюдений за напряженным состоянием геологической среды. Такой дифференцированный подход позволит сократить расходы и повысит надежность зданий и промышленных сооружений. *Большинство* проектируемых и существующих объектов *не нуждаются* в оценке сейсмостойкости. Благодаря этому повысится полнота и качество оценки там, где это необходимо.

Наряду со Среднеуральским сектором сейсмическую опасность могут представлять районы Ханты-Мансийского срединного массива (блока), глубинное строение которого и геодинамическая обстановка в котором подобна Южно-Татарскому своду, соответствующему древнейшему блоку земной коры. То же самое относится к широтной зоне Приобья, совпадающей с планетарной глубинной дислокацией, и к крупнейшим районам добычи УВ, разработка которых ведется более полувека. Необходимыми условиями освоения этих районов являются создание тектонических карт домезозойского основания (консолидированного фундамента) с учетом глубинного строения и проведение комплексного геофизического аэрокосмического мониторинга.

Авторы выражают благодарность В.М. Макееву за конструктивное обсуждение результатов работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адушкин В.В., Турунтаев С.В. Техногенная сейсмичность – индуцированная и триггерная. М.: ИДГ РАН. 2015. 364 с.

2. *Ананьин И.В.* Русская равнина и Урал. Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. С. 109–114.
3. *Белоусов Т.П., Исхаков И.А., Каракин А.В., Муслимов Р.Х., Мухамедиев Ш.А., Турунтаев С.Б., Юнга С.Л.* Активные разломы, напряженное состояние и сейсмичность Юго-восточного Татарстана (предварительные результаты) // Сейсмичность и сейсмическое районирование северной части Евразии. Ч. 2. М.: Наука, 1994. С. 90–108.
4. *Годзиковский А.А., Бесстрашинов В.М., Лабзина Е.Ю.* Землетрясения и взрывы Восточно-Европейской платформы. Природные опасности России. Сейсмические опасности. М.: КРУК, 2000. С. 46–53.
5. Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений: [сборник статей]: к 100-летию со дня рождения П.Н. Кропоткина / Рос. акад. наук, Отд. наук о Земле, Ин-т проблем нефти и газа; отв. ред.: А.Н. Дмитриевский, Б.М. Валяев. М.: ГЕОС, 2012. 515 с.
6. *Дружинин В.С., Гуляев А.Н., Колмогорова В.В., Парыгин Г.И., Уткин В.И., Кашубин С.Н.* О тектонической природе уральских землетрясений // Уральский геофизический вестник. 2004. № 6. С. 29–43.
7. *Дружинин В.С., Мартышко П.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю.* Строеие верхней части литосферы и нефтегазоносность недр Уральского региона. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2014. 226 с.
8. *Дружинин В.С., Мартышко П.С., Осипов В.Ю., Начапкин Н.И.* Тектонодинамическая модель кристаллической коры Урала и сопредельных территорий // ДАН. 2015. Т. 463. № 2. С. 183–186.
9. *Дружинин В.С., Мартышко П.С., Удоратин В.В., Осипов В.Ю., Начапкин Н.И.* Региональное сейсмическое районирование Тимано-Печорской плиты и сопредельных территорий // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. 2014. № 8. С. 20–23.
10. *Дружинин В.С., Осипов В.Ю.* Субширотные дислокации земной коры Уральского региона – звенья системы линеаментов Евразийского континента // Уральский геофизический вестник. 2016. № 2. С. 33–47.
11. *Дружинин В.С., Осипов В.Ю., Чувашов Б.И.* Динамика приповерхностных структур Приуральской области в верхнепермско-триасовое время и тектоническое районирование кристаллической коры Западно-Сибирской геосинеклизы // Литосфера. 2016. № 4. С. 114–124.
12. *Дружинин В.С., Пустовалов Н.А., Папшев Г.А., Косилова М.В., Тележук Н.В.* Косыинское сейсмическое событие 29 марта 2010 г. на Среднем Урале // Геориск. 2010. № 4. С. 26–30.
13. *Кашубин С.Н., Дружинин В.С., Гуляев А.Н., Кусонский О.А., Ломакин В.С., Маловичко А.А., Никитин С.Н., Парыгин Г.И., Рыжий Б.П., Уткин В.И.* Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона. Екатеринбург: УрО РАН. 2001. 126 с.
14. *Колодяжный С.Ю.* Структура и эволюция Сурско-Камской зоны сдвига в кайнозой (Волго-Уральская антеклиза Восточно-Европейской платформы) // Геотектоника. 2015. № 4. С. 30–53.
15. *Копт М.Л.* Вятские дислокации: динамика формирования и выражение в новейшей структуре (Восточно-Европейская платформа) // Геотектоника. 2012. № 6. С. 55–77.
16. *Кусонский О.А.* Геофизические обсерваторские исследования на Урале. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. 280 с.
17. *Ломакин В.С., Халевин Н.И.* О сейсмичности Урала // Уральский геофизический вестник. 2002. № 3. С. 89–96.
18. *Мирзоев К.М., Гатиятуллин Н.С., Тарасов Е.А., Степанов В.П., Гатиятуллин Р.Н., Рахматуллин М.Х., Кожеевников В.А.* Сейсмическая опасность территории Татарстана // Георесурсы. 2004. № 1. С. 44–48.
19. *Николаев А.В., Верещагин Г.М.* Об инициировании землетрясения подземными ядерными взрывами // ДАН СССР. 1991. Т. 319. № 2. С. 333–336.
20. *Николаев А.В.* Проблемы наведенной сейсмичности – наведенная сейсмичность. М.: Наука, 1994. С. 26–37.
21. *Никонов А.А.* Новый этап познания сейсмичности Восточно-Европейской платформы и ее обрамления // ДАН. 2013. Т. 450. № 4. С. 465–469.
22. *Никонов А.А.* Проблемы выделения неотектонических землетрясений на Восточно-Европейской платформе в оценке ее сейсмической опасности // Недр Поволжья и Прикаспия. 1996. Вып. 13 (специальный). С. 42–49.
23. *Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: Полиграф сервис, 2010. 280 с.
24. Сейсмологический мониторинг Западного Урала [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pts.mipt.ru/seismo_data/?page_id=1282
25. *Сидоров В.А., Кузьмин Ю.О.* Современные движения земной коры осадочных бассейнов. М.: Наука, 1989. 183 с.
26. *Степанов В.В., Годзиковская А.А., Ломакин В.С. и др.* Землетрясения Урала и сильнейшие землетрясения прилегающих территорий Западной Сибири и Восточно-Европейской платформы. М.: ЦСГНЭО. 2002. 135 с.
27. Триггерные эффекты в геосистемах. Матер. II Всерос. семинара-совещания. Институт динамики геосфер/Под редакцией В.В. Адушкина, С.Г. Кочаряна. М.: ГЕОС, 2013. 642 с.
28. *Уломов В.И.* Районирование сейсмической опасности на территории России // Информационно-аналитический бюллетень ФССН. 1994. № 1. С. 41–52.
29. *Шуман В.Н.* Нелинейная динамика геосреды: переходные процессы и критические явления // Геофизический журнал. 2014. Т. 36. № 6. С. 129–142.
30. *Ryzhiy V.P., Druzhinin V.S., Yunusov F.F., Ananyin I.V.* Deep structure of the region and seismicity // Physics of the Planetary Interiors. 1992. N.75. P. 185–191.

REFERENCES

- Adushkin, V.V., Turuntaev, S.V. *Tekhnogennaya seismichnost' – indutsirovannaya i triggernaya* [Technogenic seismicity as induced and triggered]. Moscow, IDG RAS Publ., 2015, 364 p. (in Russian).
- Anan'in, I.V. *Russkaya ravnina i Ural. Seismicheskoe raionirovanie territorii SSSR* [The Russian Plain and the Urals. Seismic zoning of the territory of the USSR]. Moscow, Nauka Publ., 1980, pp. 109–114. (in Russian).
- Belousov, T.P., Iskhakov, I.A., Karakin, A.V., Muslimov, R. Kh., Mukhamediev, Sh.A., Turuntaev, S.B., Yunga, S.L. *Aktivnye razlomy, napryazhennoe sostoyanie i seismichnost' Yugo-vostochnogo Tatarstana (predvaritel'nye rezul'taty) // Seismichnost' i seismicheskoe raionirovanie severnoi chasti Evrazii, ch. 2* [Active faults, stressed state and seismicity of the southeast Tatarstan (preliminary results) // Seismicity and seismic zoning of the northern part of Eurasia, Part 2]. Moscow, Nauka Publ., 1994, pp. 90–108. (in Russian).
- Godzikovskii, A.A., Besstrashnov, V.M., Labzina, E. Yu. *Zemletryaseniya i vzyryvy Vostochno-Evropeiskoi platformy. Prirodnye opasnosti Rossii. Seismicheskie opasnosti* [Earthquakes and explosions of the East European platform. Natural dangers of Russia. Seismic hazards]. Moscow, KRUK Publ., 2000, pp. 46–53. (in Russian).
- Degazatsiya Zemli i genezis neftegazovykh mestorozhdenii: k 100-letiyu so dnya rozhdeniya P.N. Kropotkina* [Degassing of the Earth and the genesis of oil and gas deposits: to the 100th anniversary of the birth of P.N. Kropotkin]. Russian Academy of Sciences, Department of Earth Sciences, Institute for Oil and Gas Problems, A.N. Dmitrievsky, B.M. Valyaev, Eds.-in-Chief. Moscow, GEOS Publ., 2012, 515 p. (in Russian).
- Druzhinin, V.S., Gulyaev, A.N., Kolmogorova, V.V., Parygin, G.I., Utkin, V.I., Kashubin, S.N. About the tectonic nature of the Ural earthquakes. *Ural'skii geofizicheskii vestnik*, 2004, no. 6, pp. 29–43. (in Russian).
- Druzhinin, V.S., Martyshko, P.S., Nachapkin, N.I., Osipov, V. Yu. *Stroenie verkhnei chasti litosfery i neftegazonosnost' nedr Ural'skogo regiona* [The structure of the upper part of the lithosphere and the oil and gas potential of the Urals region]. Yekaterinburg, IGF UB RAS Publ., 2014. 226 p. (in Russian).
- Druzhinin, V.S., Martyshko, P.S., Osipov, V. Yu., Nachapkin, N.I. Tectonodynamic model of the crystalline crust of the Urals and adjacent territories. *Doklady akademii nauk*, 2015, vol. 463, no. 2, pp. 183–186. (in Russian).
- Druzhinin, V.S., Martyshko, P.S., Udoratin, V.V., Osipov, V. Yu., Nachapkin, N.I. Regional seismic zoning of the Timan-Pechora plate and adjacent territories. *Vestnik Instituta geologii Komi NTS UrO RAN*, 2014, no. 8, pp. 20–23. (in Russian).
- Druzhinin, V.S., Osipov, V. Yu. Sublatitudinal dislocations of the Earth's crust of the Ural region – links of the system of lineaments of the Eurasian continent. *Ural'skii geofizicheskii vestnik*, 2016, no. 2, pp. 33–47. (in Russian).
- Druzhinin, V.S., Osipov, V. Yu., Chuvashov, B.I. Dynamics of near-surface structures of the Urals region in the Upper Permian-Triassic time and tectonic zonation of the crystalline crust of the West Siberian geosyncline. *Litosfera*, 2016, no. 4, pp. 114–124. (in Russian).
- Druzhinin, V.S., Pustovalov, N.A., Papshev, G.A., Kosilova, M.V., Telezhuk, N.V. Kosinsky seismic event on March 29, 2010 in the Middle Urals. *Georisk*, 2010, no. 4, pp. 26–30. (in Russian).
- Kashubin, S.N., Druzhinin, V.S., Gulyaev, A.N., Kusonskii, O.A., Lomakin, V.S., Malovichko, A.A., Nikitin, S.N., Parygin, G.I., Ryzhii, B.P., Utkin, V.I. *Seismichnost' i seismicheskoe raionirovanie Ural'skogo regiona* [Seismicity and seismic zoning of the Ural region]. Yekaterinburg, UB RAS Publ., 2001, 126 p. (in Russian).
- Kolodyazhnyi, S. Yu. Structure and evolution of the Surakama Shear Zone in the Cenozoic (Volga-Ural Anticline of the Eastern European Platform). *Geotektonika*, 2015, no. 4, pp. 30–53. (in Russian).
- Kopp, M.L. Vyatka dislocations: dynamics of formation and expression in the newest structure (Eastern European Platform). *Geotektonika*, 2012, no. 6, pp. 55–77. (in Russian).
- Kusonskii, O.A. *Geofizicheskie observatorskie issledovaniya na Urale* [Geophysical observational studies in the Urals]. Yekaterinburg, UB RAS Publ., 2012, 280 p. (in Russian).
- Lomakin, V.S., Khalevin, N.I. On the seismicity of the Urals. *Ural'skii geofizicheskii vestnik*, 2002, no. 3, pp. 89–96. (in Russian).
- Mirzoev, K.M., Gatiyatullin, N.S., Tarasov, E.A., Stepanov, V.P., Gatiyatullin, R.N., Rakhmatullin, M. Kh., Kozhevnikov, V.A. Seismic danger of the territory of Tatarstan. *Georesursy*, 2004, no. 1, pp. 44–48. (in Russian).
- Nikolaev, A.V. Vereshchagin, G.M. On the initiation of an earthquake by underground nuclear explosions. *Doklady akademii nauk SSSR*, 1991, vol. 319, no. 2, pp. 333–336. (in Russian).
- Nikolaev, A.V. *Problemy navedennoi seismichnosti – navedennaya seismichnost'* [The problems of induced seismicity are induced seismicity]. Moscow, Nauka Publ., 1994, pp. 26–37. (in Russian).
- Nikonov, A.A. A new stage in understanding the seismicity of the East European platform and its framing. *Doklady akademii nauk*, 2013, vol. 450, no. 4, pp. 465–469. (in Russian).
- Nikonov, A.A. *Problemy vydeleniya neotektonicheskikh zemletryasenii na Vostochno-Evropeiskoi platforme v otsenke ee seismicheskoi opasnosti // Nedra Povolzh'ya i Prikaspiya* [Problems of isolation of neotectonic earthquakes on the East European platform in assessing its seismic hazard // Bowels of Volga and the Caspian]. Saratov: Nizhnee-Volzhskaia NIIGG Publ., 1996, Issue 13 (special), pp. 42–49. (in Russian).
- Puchkov, V.N. *Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* [Geology of the Urals and the Urals (actual issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, Poligraf servis Publ., 2010, 280 p. (in Russian).

24. Seismological monitoring of the Western Urals. Available at: http://pts.mi-perm.ru/seismo_data/?page_id=1282 (in Russian).
25. Sidorov, V.A., Kuz'min, Yu.O. *Sovremennye dvizheniya zemnoi kory osadochnykh basseinov* [Modern movements of the Earth's crust of sedimentary basins]. Moscow, Nauka Publ., 1989, 183 p. (in Russian).
26. Stepanov, V.V., Godzikovskaya A.A., Lomakin, V.S. et al. *Zemletryaseniya Urala i sil'neishie zemletryaseniya privileyushchikh territorii Zapadnoi Sibiri i Vostochno-Evropeiskoi platform* [Earthquakes in the Urals and the strongest earthquakes in the adjacent territories of Western Siberia and the East European platform]. Moscow, TSSGNEO Publ., 2002, 135 p. (in Russian).
27. *Triggernye efekty v geosistemakh. Materialy II-go Vserossiiskogo seminara-soveshchaniya. Institut dinamiki geosfer: pod redaktsiei V.V. Adushkina, S.G. Kocharyana* [Trigger effects in geosystems. Materials of the II-nd All-Russia seminar-meeting. Institute for Dynamics of the Geosphere: edited by V.V. Adushkin, S.G. Kocharian]. Moscow, GEOS Publ., 2013, 642 p. (in Russian).
28. Ulomov, V.I. *Raionirovanie seismicheskoi opasnosti na territorii Rossii. FSSN (informatsionno-analiticheskii byulleten')* [Zoning of seismic hazard in the territory of Russia. FISS (information and analytical bulletin)]. Moscow, 1994, no. 1. pp. 41–52. (in Russian).
29. Shuman, V.N. Nonlinear Dynamics of the Geomeadia: Transient Processes and Critical Phenomena. *Geofizicheskii zhurnal*, 2014, vol. 36, no. 6, pp. 129–142. (in Russian).
30. Ryzhiy, B.P., Druzhinin, V.S., Yunusov F.F., Ananyin, I.V. Deep structure of the region and seismicity. *Physics of the Planetary Interiors*, 1992, no. 75, pp. 185–191.

SEISMOTECTONICS OF NORTHERN URALS, CENTRAL URALS AND ADJACENT REGIONS OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM

V.S. Druzhinin, V.Yu. Osipov

*Institute of Geophysics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IGF UB RAS)
ul. Amundsen, 100, Yekaterinburg, 620016 Russia. E-mail: druzv@mail.ru*

For the first time on the base of volume fault-block tectonic model of the crystalline crust and the revealed peculiarities of seismicity of the Ural folded system and south-eastern part of the Volga-Ural anticline, the schemes of seismotectonics were compiled, and seismic zoning and seismic hazard estimation were performed. The main elements of the schemes are potential seismic-dangerous areas (PSDA). They are located, as a rule, at the intersections of deep faults and sublatitudinal dislocations; and they join nearby located tectonic seismic events similar by origin and trigger-induced by the character of their occurring. It is suggested to designate seismic events of this kind as tectonic trigger-induced earthquakes (TTIE). At the seismotectonics scheme several sublatitudinal sectors with each dimensions about 4° of northern latitude are plotted according to the features of the deep crustal structure and seismicity. Within latitudes 56°–60° N a single region is identified according to the seismic geodynamic situation (compression regime with a shear component), within which events can occur up to 5.0–5.5 magnitude and which represent seismic hazard. First of all, this refers to especially dangerous objects of capital construction; most of the designed and existing buildings and structures that do not fit to this category do not need the estimation and account the seismicity of the geological environment.

Key words: *Earth crust, seismotectonics, seismicity, seismic zoning, potential seismic regions, tectonic trigger-induced earthquakes.*