зывает, что диапазон частот широк и максимум событий приходится на интервал 700–800 Гц.

По результатам работы сделан вывод о существовании пока не рассматриваемых волноводов, при распространении в которых проявляются указанные резонансные эффекты в сигналах. В качестве возможного волновода предлагается волновод, образованный между слоями ионосферы в ночное время суток.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №15-45-05005-р_восток_а.

Литература

1. *Александров М.С.* Исследование атмосферных радиопомех ОНЧ и НЧ-диапазонов и их источников // Успехи современной радиоэлектроники. – 1998. – №10. – С. 3–25.

2. *Едемский Д.Е., Рябов Б.С., Тараненко С.С. и др.* Особенности распространения и структура поля твиков // Препринт № 46 (800). – М., 1988.

3. *Муллаяров В.А., Абзалетдинова Л.М., Аргунов В.В., Корсаков А.А.* Вариации параметров грозовых электромагнитных сигналов на трассах, проходящих над областями землетрясений // Геомагнетизм и аэрономия. – 2011. – Т. 51, № 6. – С. 841–851.

4. *Clilverd M.A., Nunn D., Lev-Tov S.J. et al.* Determining the size of lightning-induced electron precipitation patches // J. Geophys. Res. – 2002. – V. 107, No. A8. – P. SIA 10-1–SIA 10-11.

5. *Cummer S.A. and Inan U.S.* Modeling ELF radio atmospheric propagation and extracting lightning currents from ELF observations // Radio Sci. – 2000. – V. 35, №2. – P. 385–394.

6. *McRae W.M., Thomson N.R.* Solar flare induced ionospheric D-region enhancements from VLF phase and amplitude observations // J.Atmos. and Solar-Terr. Phys. – 2004. – V. 66. – P. 77–87.

7. *Mullayarov V.A., Kozlov V.I., Toropov A.A., Karimov R.R.* Some Results of Observations of Positive Lightning Discharges and Relative Phenomena in the East of Siberia // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. – 2010. – V. 72. – Issue 5–6. – P. 409–418.

8. *Mullayarov V.A., Argunov V.V., Abzaletdinova L.M. and Kozlov V.I.* Ionospheric effects of earthquakes in Japan in March 2011 obtained from observations of lightning electromagnetic radio signals // Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 12, 3181–3190, 2012, doi:10.5194/nhess-12-3181-2012.

9. *Shvets A.V., Hayakawa M., Molchanov O.A.* Subionospheric VLF monitoring for earthquake-related ionospheric perturbations // J. Atmos. Electr. – 2002. – V. 22. – P. 87–99.

10. *Soloviev O.V., Hayakawa M., Ivanov V.I., Molchanov O.A.* Seismo-electromagnetic phenomenon in the atmosphere in terms of 3D subionospheric radio wave propagation problem // Phys. Chem. Earth. – 2004. – V. 29. – P. 639–647.

11. *Wait J.R.* On VLF radio wave reflection from distant mountain ranges – theory // J. Atmos. and Terr. Phys. – 1992. – V. 54, №2. – P. 193–196.

12. www.wwlln.net.

Поступила в редакцию 30.07.2015

УДК 550.34

Новая карта сейсмотектоники Восточной Сибири: принципы и методы построения

В.С. Имаев[*], Л.П. Имаева[*], Н.Н. Гриб[**], И.И. Колодезников[***]

[*]Институт земной коры СО РАН, г. Иркутск
[**]Технический институт (ф) Северо-Восточного федерального университета, г. Нерюнгри
[***]Академия наук Республики Саха (Якутия), г. Якутск

Карта сейсмотектоники Восточной Сибири представляет собой первую попытку объединения разнообразных геолого-геофизических данных, которые характеризуют связь проявлений сейсмичности и тектоники изучаемого регионов Алтая, Тувы, Бурятии и Республики Саха(Якутия). Основными научными достижениями составленной карты являются: структурно-кинематическая идентифи-

[*]ИМАЕВ Валерий Сулейманович – д.г.-м.н., проф., акад. АН РС(Я), г.н.с., imaev@crust.irk.ru; [*]ИМАЕВА Людмила Петровна – к.г.-м.н., с.н.с., imaeva@crust.irk.ru; [**]ГРИБ Николай Николаевич – д.т.н., проф., акад. АН РС(Я), зам. директора по научной работе, nfygu@mail.ru; [***]КОЛОДЕЗНИКОВ Игорь Иннокентьевич – д.г.-м.н, проф., акад. АН РС (Я), президент, anrsya@mail.ru.

кация зон возникновения очагов сильных землетрясений наиболее сейсмически активных сегментов Восточной Сибири; создание структурно-динамической модели главных сейсмогенерирующих зон Арктико-Азиатского и Байкало-Станового сейсмических поясов, связанных с зонами взаимодействия Евразиатской и Североамериканской литосферных плит и выявление в их пределах потенциальных очаговых зон с максимальным сейсмическим потенциалом. Данные исследования впервые дали объяснение модели возникновения сейсмичности в отдельных сегментах горно-складчатых систем Байкало-Станового и Арктико-Азиатского сейсмических поясов.

Ключевые слова: карта, сейсмотектоника, очаги землетрясений, структурно-динамические модели, сейсмогенерирующие зоны, сейсмический потенциал.

The seismotectonic map of Eastern Siberia represents the first attempt to unite various geological-geophysical data that specify the connection between seismicity and tectonics events in the regions of Altai, Tuva, Buryatia and Yakutia. The main scientific achievements of the completed seismotectonic map of Eastern Siberia are structural-kinematic identification of strong earthquake centers zones of the most seismically active Eastern Siberia segments; structural-dynamic modeling of the main seismogenic zones in Arctic-Asian and Baikal-Stanovoi zones connected with the interaction zones of Eurasian and North American lithosphere plates and detection of potentially source zones with maximum seismic potential within their limits. For the first time research data explained the model of seismicity occurrence in separate segments of fold-mountain systems in Baikal-Stanovoi and Arctic-Asian seismic zones.

Key words: map, seismotectonics, earthquake centers, structural-dynamic models, seismogenic zones, seismic potential.

Введение

При проведении многолетних работ по установлению вероятных связей разновозрастных и разнообразных по своей позиции и структурному стилю элементов геологических и тектонических структур горно-складчатых областей территории Восточной Сибири с сейсмической опасностью удалось установить некоторые закономерности в проявлении развития разрывных структур и сейсмичности территории. Исследования подобного рода известны в российской и англоязычной научной литературе как самостоятельные сейсмотектонические исследования, главной целью которых являются: «…установление или изучение связи проявлений сейсмичности и тектоники регионов…» [1].

Другое, более развернутое определение сейсмотектоники приводится американскими учеными, которые утверждают, что сейсмотектоника – «…является научной дисциплиной, изучающей взаимосвязь между землетрясениями, активной тектоникой и отдельными разломами региона… Стремится понять, какие данные несут ответственность за сейсмическую активность в конкретном районе путем анализа региональной тектоники, последних инструментально записанных сейсмических событий, исследований исторических и палеоземлетрясений, а также неотектонических и геоморфологических данных. Эта информация в дальнейшем может быть использована для количественной оценки сейсмической опасности того или иного региона. При проведении сейсмотектонического анализа территории требуется интеграция большого количества разнородных геолого-геофизических данных…» (по [2–4]).

Результаты сейсмотектонических исследований выражаются обычно в виде сейсмотектонических карт, на которые наносятся данные о формах развития неотектонических структур и эпицентральные зоны землетрясений, что позволяет установить связь этих землетрясений с особенностями тектонического (неотектонического) строения местности и использовать эту связь для прогноза места, силы и частоты землетрясений, а также для составления карт сейсмического районирования [5–10].

Отсутствие единого подхода и чёткой регламентирующей базы, используемых геолого-геофизических характеристик среды часто не позволяет успешно провести такие сейсмотектонические исследования и ставит под сомнение результаты оценки уровня сейсмической опасности, полученные только методом инструментальных наблюдений и не подкрепленные определенными обязательными в настоящее время сейсмотектоническими исследованиями. В настоящей статье суммируется многолетний авторский опыт проведения сейсмотектонических исследований в разнообразных сегментах сейсмоактивных структур территорий Южной и Восточной Якутии, Алтая, Саян, Тувы и области Байкальской рифтовой зоны, приводятся методические указания и обоснования целесообразности использования выбранных геолого-геофизических показателей для целей создания карты сейсмотектоники Восточной Сибири. Как и во всех остальных исследованиях подобного рода, эффективность и достоверность результатов сейсмотектонических исследований во многом обеспечивается соблюдением стадийности их проведения, которые проводятся в три этапа.

Стадийность исследований

На первом этапе проводится сбор исходного материала. Собственно исследования включают в себя совместный анализ всех имеющихся материалов по геологическому строению, сейсмическому режиму, неотектонике, истории развития рельефа, глубинному строению, напряженному состоянию и современным движениям земной коры, а также проводится дешифрирование материалов дистанционного зондирования Земли. Иными словами, создается и анализируется материал, являющийся региональной сейсмотектонической базой данных.

Второй этап включает более конкретные исследования применительно к проектируемым народнохозяйственным объектам и связан с непосредственным полевым изучением активных разломов. Методика выявления и изучения активных разломов основана на комплексе дистанционных и полевых методов, позволяющих по проявлениям в рельефе и в составе молодых отложений выявить активные разломы, закартировать зоны связанных с ними деформаций и определить тип, амплитуду и среднюю скорость смещений. Следует особо подчеркнуть, что без реальных структурно-геологических и геоморфологических наблюдений непосредственно в полевых условиях никакие дальнейшие обобщения и построения будут неполноценными и недостоверными.

Третий этап (камеральный) подразумевает общую обработку результатов как полевых, так и фондовых и литературных материалов. Результаты обязательного тренчинга используются при этом не только для установления мест пересечения проектируемых объектов с активными разломами, но и для построения сейсмотектонической модели.

Задачи и методика сейсмотектонических исследований

Основными элементами сейсмотектонической модели (карты зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ)) являются источники сейсмических воздействий – площадные (домены), характеризующие рассеянную (фоновую) сейсмичность, и линейные, отражающие сосредоточенную сейсмичность, т.е. потенциальные очаги сильных землетрясений (сейсмолинеаменты по [11]). Согласно сложившейся сейсмологической практике, в качестве линейных источников рассматриваются активные разломы. Для обьяснения доменной сейсмичности предложен новый критерий – геодинамически активные неотектонические зоны (ГАНЗ) [12].

ГАНЗ, с позиции системного анализа, рассматривается как пространственно локализованный целостный объект с многофакторным взаимодействием его основных компонентов в разрезе земной коры и верхней мантии (литосфере) – корово-мантийный вариант; в разрезе литосферы и нижней мантии – суперглобальный вариант. Классификация ГАНЗ представляет собой систему, состоящую из 10 классов. Каждый из них характеризуется набором признаков: геодинамической обстановкой формирования геологических структур; скоростями горизонтального (по данным GPS и геологическим и геоморфологическим данным) и вертикального движения геологических тел (мм/год); размерами их пластических (пликативных) и разрывных деформаций; направлениями силовых тектонических полей; морфоструктурными типами эндогенного рельефа суши и морей, их высотами и значениями контрастности; геофизическими (величины теплового потока и поля силы тяжести, сейсмической томографии, глубинного строения: мощность земной коры, глубина залегания поверхности Мохоровичича и астеносферного слоя, мощность верхней и нижней мантий) [12].

Поскольку построение геолого-геофизических критериев сейсмичности производилось при помощи геоинформационных технологий (ГИС-программы ArcView, ArcInfo), то изображение отдельного информационного слоя не представляет собой большой проблемы, но позволяет лучше понять распространение отдельных частей слоя в пространстве.

Необходимость анализа новейшей позднекайнозойской (позднеплиоценовой-четвертичной) структуры изучаемой территории определялась тем, что новейшая тектоника представляет собой тот структурный каркас, в который вписываются активные разломы и другие проявления современной тектонической активности, напрямую связанные с региональной сейсмичностью. Плановое распределение элементов ГАНЗ в пределах Восточной Сибири показывает, что наиболее высокие показатели активности характерны для южной границы Сибирской платформы и ее северо-восточного обрамления (Верхояно-Колымская складчатая область), хотя линейность простирания структур на востоке от платформы выражена не так эффектно как вдоль южной границы, вместе с тем, для всей территории к востоку от р. Лена характерны также весьма высокие значения ГАНЗ, впрочем, некоторая линейность прослеживается и на о-ве Сахалин. Для центральных областей Сибирской платформы присущи невысокие, но в то же время и ненулевые значения активности. Разумеется, все это связано с разными режимами неотектонической жизни структур.

Следует отметить, что впервые интегральные оценки геодинамической активности тех или иных районов Азии были предложены в работах сибирских исследователей, успешно обьединивших их в геодинамическую активность литосферы Азии [13,14]. Такой же интегральный показатель (внерегиональный) использовался в работах Г.И. Рейснера с коллегами в работах по установлению сейсмической опасности различных районов Евразии [15].

Важнейшей составляющей сейсмотектонической модели являются прогнозные магнитуды землетрясений. Оценка максимально возможных магнитуд ожидаемых землетрясений производится по комплексу геолого-геофизических, сейсмологических и сейсмотектонических данных. Оценка магнитуды по комплексу сейсмотектонических данных основывается на глобальных статистических соотношениях между магнитудой землетрясения, протяженностью разрыва и величиной подвижки по нему [16–18].

Конечным итогом сейсмотектонических исследований является создание сейсмотектонической модели региона и построение карты зон ВОЗ в крупных масштабах 1:1 000 000, 1:500 000 и 1:200 000, что позволяет перейти к картам детального сейсмического районирования и в конечном итоге решить проблему определения уровня сейсмической опасности конкретных народнохозяйственных обьектов. В ряде случаев такие исследования приводят к существенному сокращению участков с высокой (8–9 баллов) сейсмической опасностью по сравнению с картами общего сейсмического районирования (ОСР), что соответственно удешевляет будущее строительство. В других случаях могут быть найдены новые, ранее неизвестные источники сейсмических воздействий. Тогда уровень сейсмической опасности может быть повышен на локальных участках по сравнению с данными ОСР.

Сейсмотектоническое районирование предусматривает разделение территории на области, где ожидаемые «местные» землетрясения будут настолько слабы, что не окажут воздействия на население и систему его жизнеобеспечения, включая инженерные сооружения. Такие области считаются неспособными генерировать землетрясения и могут испытывать лишь сейсмические воздействия от удалённых сильных землетрясений. Другие области способны генерировать коровые землетрясения и потому называются зонами возникновения очагов землетрясений. Они подразделяются по их максимально возможной магнитуде и частоте возникновения. Выделение и параметризация, т.е. оценка сейсмического потенциала зон ВОЗ, производится путём комплексного применения двух равнозначных групп критериев: сейсмологической и геолого-геофизической.

Сейсмологическая группа включает в себя каталоги произошедших землетрясений: инструментальных, исторических и голоценовых палеособытий, выявляемых по геологическим и геоархеологическим данным, а также инструментальные и макросейсмические показатели распределения интенсивности сотрясений от ощутимых сейсмических событий, которые и служат основой всех дальнейших картографических построений. Кроме того, исследования планового распределения эпицентров землетрясений, помимо оценки самих сейсмических воздействий, позволяют очертить очаговые области сильных землетрясений и, тем самым, уточнить геометрию зон ВОЗ.

Приведенная карта распределения эпицентров землетрясений Восточной Сибири была построена при компиляции данных, полученных региональными отделениями геофизической службы РАН и СО РАН, а также при использовании каталогов локальных землетрясений, которые доступны по литературным источникам и свободно находятся в интернет-ресурсах на сайтах [19,20].

Анализ пространственного распределения эпицентров землетрясений на территории исследований показывает на приуроченность Южно-Сибирского сейсмического пояса к южной границе Сибирской платформы в области развития горно-складчатых орогенных структур Алтая, Саян, Тувы. Далее, пространственно тяготея к области Байкальской рифтовой зоны, проявления сейсмичности образуют эпицентральные поля Олекмо-Становой области и соединяются с сейсмичностью побережья Охотского моря. Другой Арктико-Азиатский сейсмический пояс прослеживается от побережья моря Лаптевых и через систему структур Верхояно-Колымской горно-складчатой области на юго-восток, соединяясь с сейсмичностью побережья Охотского моря и п-ва Камчатка.

Другим немаловажным фактором проявления сильных землетрясений определенных районов служит информация о механизмах очагов сильных землетрясений, сводный анализ которых позволяет установить напряженно-деформированное состояние среды в тех или иных элементах геологической и неотектонической структур. Факты приводимых решений механизмов очагов землетрясений были скомпилированы из многочисленных работ разных авторов и интернет-ресурсов, находящихся в свободном доступе на соответствующих сайтах американской геологической службы [7, 21–27].

Одним из главных выводов, следующим из рассмотрения пространственного распределения эпицентров землетрясений и решений фокальных механизмов их очагов, является то, что вся наблюдаемая современная сейсмичность и местоположение древних палеоземлетрясений группируются в протяженные сейсмические пояса, пространственно тяготеющие к южной и восточной границам Евразийской литосферной плиты. А тип напряженно-деформированного состояния земной коры указывает на превалирование процессов горизонтального сжатия вдоль всей континентальной части этой границы (за исключением Байкальской рифтовой области) и фрагментирование по геодинамическому принципу на отдельные сегменты Южно-Сибирского и Арктико-Азиатского сейсмических поясов.

Применение геолого-геофизической группы критериев зон ВОЗ в настоящее время состоит в выделении и параметризации активных геологических структур, в которых землетрясения определённой магнитуды и частоты возникали в недавнем прошлом и могут ожидаться в близком будущем, к которому относятся оценки сейсмической опасности. Материалы детального изучения активных разломов и вторичных эффектов древних землетрясений, наряду с другими сейсмотектоническими и сейсмологическими данными, ложатся в основу карты зон ВОЗ, что представляется едва ли не главной целью сейсмотектонических исследований [4,6,9,28]. Поскольку активные разломы, как правило, соответствуют главным зонам возникновения очагов землетрясений региона, то даже качественный анализ рисунка и параметров разломов позволяет оконтурить такие зоны и выполнить их предварительное ранжирование. Численные характеристики зон ВОЗ, среди которых определяющими являются максимальная ожидаемая магнитуда землетрясений (M_{max}) и период повторяемости таких землетрясений, в основном опираются на сейсмологические и палеосейсмологические данные.

Детальное изучение активных разломов дает возможность составить представление о структуре очага и древних, доисторических сейсмических событиях, происшедших в этих же очаговых зонах. Очаги сильных и сильнейших землетрясений представляют собой устойчивые структуры в геологической среде (активные разломы), положение которых обусловлено особым сочетанием геолого-геофизических условий, причем кинематика подвижки от раза к разу может изменяться.

В большинстве случаев выходы очагов сильных современных землетрясений на поверхность образуют некую область – зону сейсморазрывов, для которых уместно использовать понятие «зона динамического влияния разломов», которое разработано и введено в практику анализа дизъюнктивной тектоники С.Й. Шерманом и др. [29].

Ширина этой зоны влияния может достигать нескольких сотен метров и даже первых километров в зависимости от конкретных геолого-геоморфологических условий и силы землетрясения. При этом разрывы могут появляться на поверхности на разных участках зоны разлома, т.е. менять свое положение от одного землетрясения к другому. Суммарное смещение в очаге в приповерхностных условиях может рассеиваться в виде множества разрывов и связных деформаций, однако все они образуют характерные структурные рисунки, свойственные тектоническим деформациям в целом. Обычно они приурочены к определенным геологическим структурам и формам рельефа, сформированным предыдущими сейсмическими подвижками. Эти древние события находят отражение не только в смещениях молодых отложений и форм рельефа, но и в развитии древних вторичных нарушений (палеосейсмодислокациях).

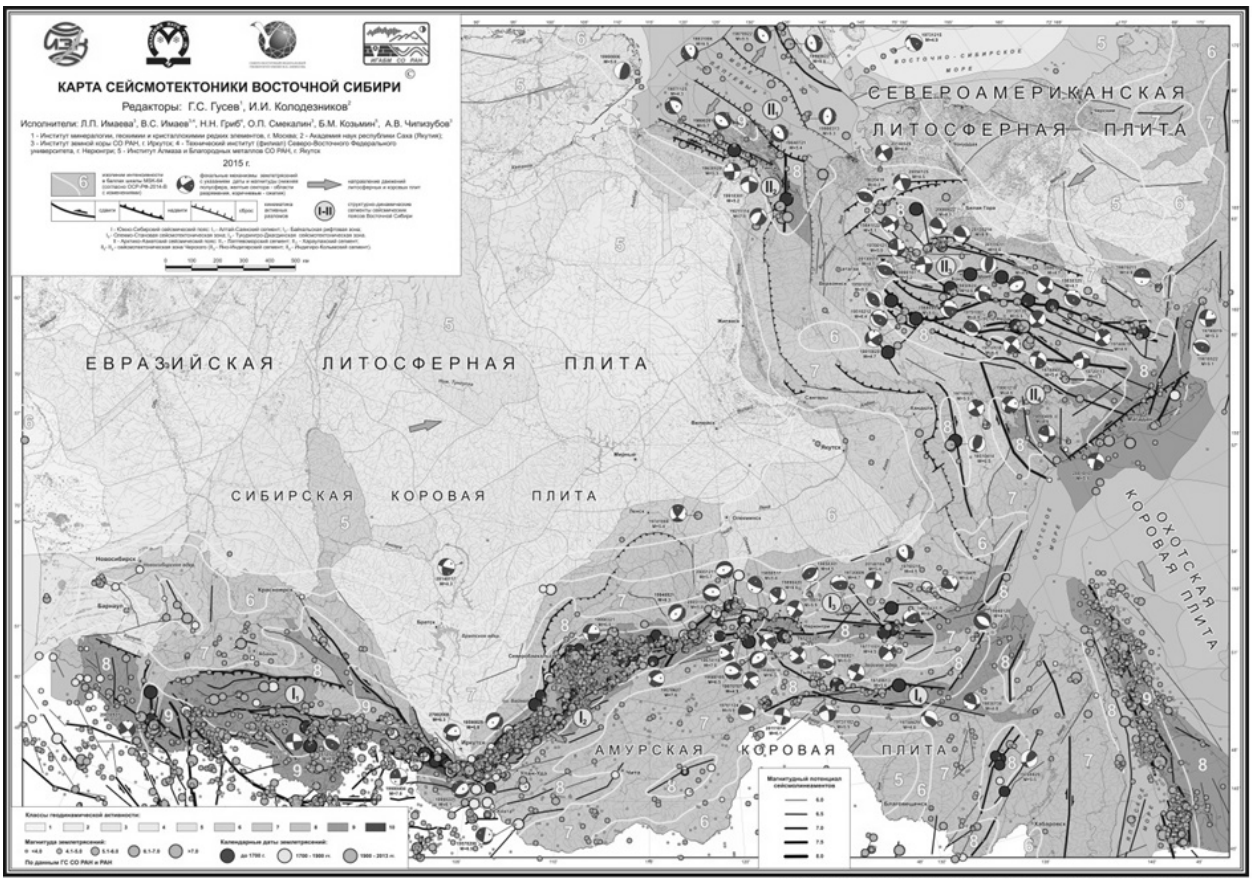
Палеосейсмологические исследования решают две основные задачи, имеющие важное практическое и теоретическое значение. Одна из них, направленная на установление величины самих палеособытий, касается выделения одноактных и приблизительно одновозрастных палеосейсмодислокаций. Вторая связана с определением морфокинематических типов активных разломов, по которым происходили эти разрывообразующие палеоземлетрясения [10,30,31]. В результате проведенных многолетних исследований все установленные активные разломы были вынесены нами на соответствующую топографическую основу территории Восточной Сибири с возможной установленной магнитудой генерируемых ими землетрясений .

Обращает на себя внимание распространение активных разломов вдоль южной границы Евразийской литосферной плиты, в области взаимодействия ее с Амурской (Китайской) плитой, и формирование пояса активных разломов вдоль восточной границы Евразийской плиты, в пределах Верхояно-Колымской складчатой системы, пространственно формирующих западную границу Североамериканской литосферной плиты. Для такого распределения разломов характерно наличие крупных сейсмолинеаментов, способных генерировать самые сильные землетрясения с магнитудами M = 7,5–8,0, развитых в осевых частях выделенных сейсмических поясов и тяготеющих к самым активным частям геодинамически активных неотектонических зон.

Заключение

В конечном итоге комплексный анализ геолого-геофизических, геоморфологических и неотектонических данных, систем позднекайнозойских активных разломов, сейсмичности, результаты тектонофизических исследований позволили выявить на юге Восточной Сибири протяженный сейсмический пояс – Южно-Сибирский, состоящий из нескольких крупных отдельных сегментов: Алтай-Саяно-Тувинского, Байкальской рифтовой области и Олекмо-Становой зоны, соединяющих собой проявления сейсмичности сдвиговых структур Алтая, Саянской и Тувинской горно-складчатых областей, растяжения Байкальской рифтовой зоны, транспрессионные сдвигово-надвиговые перемещения Олекмо-Становой зоны и сейсмичность Охотского моря. Другой крупный сейсмический пояс – Арктико-Азиатский прослеживается вдоль границы между Евразийской и Североамериканской литосферными плитами и соединяет собой сейсмичность побережья Арктического океана, связанную с растяжением земной коры, далее через сдвигово-надвиговые структуры, развитые на континентальном отрезке границы плит, соединяется с сейсмогенными структурами побережья Охотского моря и п-ва Камчатка.

Обобщенные материалы по сейсмотектонике и новейшей геодинамике сейсмических поясов на северо-востоке Азии дают возможность весьма успешно вести прогноз возможных сценариев поведения сейсмической активности территории, предполагая место и предельную величину возможной сейсмической катастрофы. Определение структурной позиции позволяет предполагать наиболее опасные направления выделения сейсмической энергии и снижать степень риска расположения потенциальных народнохозяйственных объектов. Построенная карта сейсмотектоники Восточной Сибири представляет собой комплексную многослойную модель развития сейсмотектонических процессов, протекающих на исследуемой территории, составленную впервые для этой территории с использованием геоинформационных технологий. Применение новых технологий позволило при построении оперировать построенной картой, как последовательным рассмотрением нескольких информационных слоев, содержащих определенную заданную информацию, характеризующую сейсмотектонические процессы территории Восточной Сибири (рисунок).



Карта сейсмотектоники Восточной Сибири с нанесенными на нее изолиниями балльности возможных интенсивностей сейсмических сотрясений (по шкале MSK-64), соответствующих карте ОСР-2014-В (с повторяемостью 1000 лет), с добавлениями и исправлениями

Дополнительно на карту была вынесена интенсивность возможных сейсмических сотрясений в баллах (по шкале MSK-64), соответствующая новой карте Общего сейсмического районирования РФ (ОСР-2014-В), и расчетным событиям с периодичностью 1 раз в 1000 лет. Именно такой диапазон будущих толчков соответствует интересам народнохозяйственного освоения территории. Вместе с тем следует учесть, что рассматриваемая территория (особенно территория Якутии) все еще представляет собой весьма сложный и малоосвоенный (недостаточно изученный) регион России, где происходят активные деформации между несколькими тектоническими плитами, что конечно требует дальнейшего детального изучения отдельных частей этих сейсмических поясов. Это, прежде всего, относится к прибрежно-шельфовым областям арктических морей Восточной Сибири, с активным освоением которых связана ближайшая стратегия развития РФ и в конечном итоге экономическая и социальная безопасность будущего нашей страны.

Подводя итог сейсмотектонических исследований, можно констатировать:

1. Карта сейсмотектоники Восточной Сибири является первым наглядным примером построения карты нового поколения (электронная база данных сейсмотектонических параметров), которая объединяет элементы геолого-геофизических параметров и сейсмичности и объясняет особенности современной геодинамики (а соответственно и сейсмическую опасность) региона.

2. Построение таких карт позволяет перейти к созданию карт детального сейсмического районирования отдельных частей активно промышленно осваиваемых районов Восточной Сибири и обоснованно установить уровень сейсмической угрозы тех или иных районов проживания населения Сибири. Данный подход позволит приступить к новому этапу исследований проблемы сейсмобезопасности, а созданные региональные сейсмогеодинамические модели будут способствовать уточнению исходного сейсмического балла существующих нормативных карт общего и детального сейсмического районирования.

3. Карта рекомендуется и может использоваться в органах исполнительной власти отдельных районов, комитетах по чрезвычайным ситуациям с целью владения информацией о возможных негативных влияниях сильных землетрясений, определения балла сейсмической угрозы конкретных населенных пунктов.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки и РФ (гос. задание N 5.1771.2014/К).

Литература

1. *Геологический* словарь. В 2-х т. – М.: Недра, 1973. – 986 с.

2. *Allen C.R.* Geological criteria for evaluating seismicity // Bull. Geol. Soc. Amer. – 1975. – Vol.86, №8. – P. 1041–1057.

3. *J.P. McCalpin.* Paleoseismology. 2-nd ed. – Amsterdam–London: Academic press, 2009. – 615 p. (international series, 95).

4. *Yeats R.S., Sieh K., Allen C.R.* 1997 // Geology of Earthquakes. Oxford university press. – 568 p.

5. *Горшков Г.П.* Региональная сейсмотектоника территории юга СССР, Альпийский пояс. – М.: Наука, 1984. – 272 с.

6. *Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М.* Сейсмотектоника Якутии. – М.: ГЕОС, 2000. – 227 с.

7. *Имаева Л.П., Имаев В.С., Козьмин Б.М.* Сейсмотектонический анализ Яно-Индигирского сегмента зоны // Физика Земли. – 2011. – № 12. – С. 1–14.

8. *Рогожин Е.А., Платонова С.Г.* Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – 130 с.

9. *Рогожин Е.А.* Очерки региональной сейсмотектоники. – М.: ИФЗ РАН, 2012. – 340 с

10. *Сейсмотектоника*, вулканы и сейсмическое районирование хребта Станового / В.В. Николаев, Р.Ф. Семенов, В.Г. Семенова, В.П. Солоненко. – Новосибирск: Наука, 1982. – 150 с.

11. *Уломов В.И., Шумилина Л.С.* Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка. – М.: ОИФЗ РАН, 1999. – 57 с.

12. *Гусев Г.С., Имаева Л.П.* Новейшая и современная тектоническая (геодинамическая) активность территории России // Разведка и охрана недр. – 2014. – № 12. – С. 29–35.

13. *Логачев Н.А., Шерман С.Й., Леви К.Г.* Современная геодинамическая активность литосферы Сибири в кайнозое // Геология и геофизика. – 1987. – № 8. – С. 3–10.

14. *Логачев Н.А., Шерман С.Й., Леви К.Г.* Геодинамическая активность литосферы Азии: основы анализа и принципы картирования // Геодинамика и развитие тектоносферы: Труды Тектонического совещания МТК. – М., 1991. – С. 31–39.

15. *Рейснер Г.И., Иогансон Л.И., Рейснер М.Г., Баранов Ю.Е.* Типизация земной коры и современные геологические процессы. – М.: ОИФЗ РАН, 1993. – 208 с.

16. *Палеосейсмология*. В 2-х т. / Ред. Дж.П. Мак-Калпин. – М.: Научный мир, 2011. – 878 с.

17. *Стром А.Л.* Сопоставление параметров современных и палеосейсмотектонических дислокаций // Физика Земли. – 1993. – № 9. – С. 38–42.

18. *Стром А.Л., Никонов А.А.* Корреляция между параметрами сейсмодислокаций и магнитудами землетрясений // Физика Земли. – 1997. – № 12. – С.55–67.

19. *Mackey K.G., Fujita K., Hartse H.E. et.al.* Seismicity Map of Eastern Russia (1910-2-10) // Seismological Resaearch Letters. – 2010. – V.81, №5. – P.761–768.

20. http://www.seismos-u.ifz.ru/.

21. *Мельникова В.И.* Деформационные параметры земной коры Байкальской рифтовой зоны по сейсмологическим данным: Автореф. дис. …д.г.-м.н. – Иркутск, 2008. – 38 с.

22. *Радзиминович Я.Б., Мельникова В.И, Середкина А.И. и др.* Землетрясение 6 января 2006 г. (Mw = 4.5): Редкий случай проявления сейсмической активности в Восточном Забайкалье // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53, № 10. – С. 1430–1444.

23. *Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С. , Габсатарова И.П.* Параметры землетрясения 27 сентября 2003 г. на Алтае по инструментальным данным // Вестник ОНЗ РАН: Электр. науч.-инф. журнал. – 2005. – №1. – С. 1–12.

24. *Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., и др.* Тувинское землетрясение 27.12.2011, ML=6.7 и его афтершоки // Вестник ОНЗ РАН: Электр. науч.-инф. журнал. – 2012. – Т.4, NZ2002, doi:10.2205/2012NZ000112.

25. *Козьмин Б.М.* Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. – М.: Наука, 1984. – 125 с.

26. *Centroid* Moment Tensor Catalog (http://www. globalcmt.org /CMT search. html).

27. http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/.

28. *Трифонов В.Г., Кожурин А.И., Лукина Н.В.* Изучение и картирование активных разломов // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Т 1. – М.: ОИФЗ РАН, 1993. – С. 196–206.

29. *Шерман С.Й., Борняков С.А., Буддо В.Ю.* Области динамического влияния разломов (результаты моделирования). – Новосибирск: Наука, 1983. – 100 с.

30. *Аржанников С.Г.* Палеосейсмодислокации в зоне влияния Оттугтайгино-Азасского разлома (Восточная Тува) // Геология и геофизика. – 2000. – Т.41, № 11. – С. 1501–1510.

31. *Смекалин О.П., Имаев В.С., Чипизубов А.В.* Палеосейсмология Восточной Сибири (некоторый опыт практического применения). – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2011. – 99 с.

Поступила в редакцию 07.07.2015

УДК 551.734. 571.5

Глобальные события (Lower Pridolian и Klonk) в среднем палеозое Северо-Востока Евразии и на сопредельных территориях

В.В. Баранов

Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск

В среднем палеозое Северо-Востока Евразии выделяются два глобальных событийных уровня, где сопрягаются системная перестройка климата, седиментогенеза и экспансия пионерных сообществ брахиопод. Первое – это Lower Pridolian Event, фиксирующиеся на границе лудфорда/пржидола сменой остракодовой сульфатно-красноцветной фации полузамкнутых лагун на брахиоподово-известняковую фацию мелкого шельфа и взрывным появлением пионерных ассоциаций брахиопод Atrypoidea phoca (Salter) и Collarothyris canaliculata (Wenjukow), и второе – Klonk Event, установленное на границе силура/девона, где сероцветная водорослево-доломитовая фация лагун замещается брахиоподово-известняковой фацией мелкого шельфа и появляются ассоциации раннедевонских табулят, брахиопод и конодонтов Zieglerodina remscheidensis (Ziegler).

Ключевые слова: средний палеозой, лудфорд, пржидол, лохков, Lower Pridolian Event, Klonk Event, Северо-Восток Евразии.

БАРАНОВ Валерий Васильевич – д.г.-м.н., в.н.с., baranowvalera@yandex.ru.