

## СОВРЕМЕННАЯ ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМОТЕКТОНИКА ГОРНОГО АЛТАЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ. ОБЩАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА И ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Я.М. Грицюк, В.М. Кочеткова, Г.Р. Холявко  
ООО «Аэрокосмическая партия», г. Новокузнецк

### Введение

Недавнее землетрясение в южной части Горного Алтая, к счастью не повлекшее человеческие жертвы, напомнило нам, что мы живем в пределах сейсмически активной территории, где разрушительные землетрясения имели место быть как в историческое время, так и, судя по распространению масштабных палеосейсмодислокаций, в более отдаленные периоды геологической истории. В системе оценки сейсмической опасности за специалистами геологической отрасли закреплено выполнение детального сейсмического районирования (оптимальный масштаб 1:500 000). Обще сейсмическое районирование в более обзорных масштабах выполняется профильными институтами РАН, а микросейсмотектоническое, на площади городских агломераций и опасных производственных объектов, – региональными ТИСИЗами Госстроя. Основной задачей детального сейсмического районирования является обоснование геодинамической природы землетрясений конкретной сейсмической области и следующих из ее понимания ведущих геологических, геофизических, геоморфологических и иных критериев детального сейсмического районирования [1].

При выполнении работ по детальному сейсмическому районированию Кемеровской области авторы использовали принцип последовательной детализации, охватывая первоначально всю площадь Алтае-Саянско-Хангайской сейсмической области (далее АСХСО). В качестве исходных материалов использованы ранее полученные результаты интерпретации региональных аэрокосмоструктурных исследований [2,3,4]. Содержание настоящей статьи составляют основные аспекты обозначенных в ее названии проблем применительно к территории Горного Алтая, включая опыт сейсмического районирования Алтайского края средствами человеко-машинной технологии [5].

### Современная геодинамика АСХСО

Алтае-Саянско-Хангайский свод континентального масштабного ранга обособлен в пределах Центрально-Азиатского пояса возрожденных гор [6] и охватывает площади Монгольского и Горного Алтая, нагорья Хангай в северо-западной части Монголии, Западный и Восточный Саяны, Кузнецкий Алатау, Салаир и Томь-Кольванскую складчатую зону [2]. Многочисленные литературные источники свидетельствуют о том, что указанному континентальному своду, как положительной морфоструктуре в современном рельефе, в глубинном строении земной коры соответствует область аномальной мантии, высокого стояния астеносферы (астенолиза), обладающей аномальными свойствами: пониженной вязкостью, повышенной температурой, соответствующими характеристиками регионального гравитационного поля и скачкообразным уменьшением скорости сейсмических волн. Это первый от поверхности горизонтальный волновод, глубина верхней кромки которого в пределах АСХСО фиксируется на 25-30 км, а в пределах смежной части Байкальского рифта возвышается до 10-15 км. В том и другом случае на этих глубинах фиксируются гипоцентры подавляющего большинства землетрясений в современную эпоху [7,8,9 и др.].

Анализ планового положения эпицентров землетрясений, зарегистрированных по макросейсмическим и инструментальным данным в пределах АСХСО, свидетельствует о их преимущественной группировке вдоль шести субширотных линий, которые и рассматриваются в качестве современных сейсмогенов. Два из них, наиболее южные, зафиксированы в пределах северо-западной части Монголии, еще два в южной и северных частях Горного Алтая и есть еще два, наиболее северных, – в южной и северной частях Кузбасса. Отчетливое снижение сейсмической активности сейсмогенов, как в отношении количества так и магнитуды сейсмических событий, в направлении с юга на север наталкивает на мысль об их ротационно-инерционной природе, обусловленной периодическим изменением скорости вращения Земли и солнечно-лунных приливных напряжений в земной коре. (Угловая скорость вращения планеты максимальна вблизи экватора и минимальна – в приполярных областях.) При этом амплитудные смещения сдвигового характера предполагаются в пределах аномально разогретой астеносферы, а выше, в пределах консолидированной литосферы, они реализуются в виде медленных криповых подвижек или импульсных – землетрясений.

Из предлагаемой ротационно-инерционной природы сейсмичности АСХСО следуют наиболее значимые критерии детального сейсмического районирования, кратко обозначенные ниже.

Ротационно-инерционная природа сейсмической активности АСХСО однозначно следует также из реконструкции новейшего поля тектонических напряжений [10] и подтверждается ранее выполненными исследованиями О.А. Раковец [11,12] современной структуры Алтае-Саянской складчатой области, утверждающих субширотную перестройку рельефа поверхности в новейшее время.

Выполненное авторами структурное дешифрирование обзорных космических снимков свидетельствует о том, что всем шести сейсмогенам соответствуют субширотные линейные зоны сгущения линеаментов, которые на юге (в пределах Монголии и южной части Горного Алтая) выражены в виде сейсмических рвов – последствий разрушительных землетрясений прошлого века, подробно охарактеризованных в многочисленных публикациях [13,14,15 и др.]. Последствия последнего Алтайского землетрясения 2003 г. у всех на слуху и, безусловно, в ближайшее время будут систематизированы. Хотя их позиция в пределах субширотной системы сближенных активных в современную эпоху разломов не вызывает сомнения.

Северо-Горно-Алтайский сейсмоген дешифрирован по линии: пос. Артыбаш – г. Горно-Алтайск – курорт Белокуриха и далее на запад вдоль северного фаса Горного Алтая. Восточный фланг этого сейсмогена в районе Шапшальского хребта до землетрясения 2003 г. фиксировался в качестве наиболее интенсивного сейсмического узла в пределах АСХСО [16]. Сейсмическое затишье его западного фланга и центральной части в пределах республики Алтай вызывает опасение, о чем речь пойдет ниже. Рассматриваемый сейсмоген и, тем более, расположенные к северу от него Южно-Кузбасский (Байкальско-Каменский) и Северо-Кузбасский сейсмогены, соответствуют скрытым глубинным сдвигам – континентальным аналогам зарождающихся трансформных разломов, проявленных на современной поверхности преимущественно в виде зон линейных аномалий рельефа и ландшафта, обусловленных их высокой газогидродинамической активностью в современную эпоху. В геологическом строении и макроформах рельефа они находят отражение только на отдельных участках.

Полевые наблюдения в Монголии и южной части Горного Алтая, расчеты полярности геодинамических напряжений в очагах землетрясений [15], а также косвенные сведения об ориентировке смещений вдоль субширотных сдвигов в пределах АСХСО, однозначно свидетельствуют о горизонтальной левосторонней ориентировке смещений по ним, достигающих в пределах северо-западной части Монголии нескольких десятков метров (в современную эпоху). К северу амплитуды смещений закономерно уменьшаются, что также свидетельствует о ротационно-инерционной природе сейсмической активности АСХСО, как и закономерная сопряженность с сейсмически активными субширотными сдвигами субмеридиональных раздвигов (континентальных рифтов), к которым в пределах Горного Алтая принадлежит рифт Телецкого озера и только-только нарождающаяся раздвиговая субмеридиональная структура в районе Шапшальского хребта.

#### Оценки сейсмического риска

В соответствии с ротационно-инерционной природой землетрясений в пределах АСХСО ожидаемая интенсивность сейсмических событий убывает в направлении с юга на север. Сейсмический риск, в свою очередь, определяется степенью урбанизации сейсмогенов [17]. В этом отношении максимальная оценка сейсмического риска отведена Южно-Кузбасскому (Байкальско-Каменскому) сейсмогену, в пределах которого находятся городские агломерации и опасные промышленные объекты: Саяно-Шушенская ГЭС в республике Хакассия, города Междуреченск, Осинники, Новокузнецк, Прокопьевск в Кемеровской области, г. Камень-на-Оби в Алтайском крае. Второе место по степени сейсмического риска безусловно принадлежит Северо-Горно-Алтайскому сейсмогену, захватывающему северную оконечность Телецкого озера, г. Горно-Алтайск и город-курорт Белокуриха. Эти оценки однозначно подтверждаются количественными расчетами ученых и специалистов-сейсмологов геофизической службы СО РАН [18], использовавших разработанную в МЧС Российской Федерации геоинформационную систему оценки сейсмической опасности регионов.

При оценке сейсмотектоники и сейсмического риска в пределах Горного Алтая остались «за кадром» как мало изученные вопросы узлового распределения землетрясений в пределах субширотных сейсмогенов. Как правило, они приурочены к участкам сопряжения глубинных сейсмически активных сдвигов с устойчивыми массивами (блок-упорами), препятствующим горизонтальному смещению крыльев сдвигов и вызывающим накопление упругой энергии, периодически разряжающейся сильными землетрясениями.

#### Прогноз землетрясений

Это наиболее важный, особенно на бытовом уровне, вопрос. Когда? К его решению мировая наука только-только подходит. И приоритет принадлежит советским ученым.

Несмотря на большое количество известных самых разнообразных предвестников землетрясений, подробно описанных в специальной литературе [19,20 и др.], проявления их выявляются преимущественно уже после сейсмических событий. Очевидно также, что даже при наличии точного прогноза места, времени и силы землетрясений трудно рассчитывать на возможность существенно снизить ущерб от него. Но все же ситуация не совсем безнадежная, о чем свидетельствуют последние достижения, теоретические и практические, в области оценки сейсмической

опасности. Попробуем обозначить наиболее реальные возможности решения задач прогноза исходя из ротационно-инерционной природы землетрясений в пределах АСХСО с учетом принятого сейсмологами выделения трех видов прогноза: долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного.

*Долгосрочный* (или бессрочный) прогноз является основной целью детального сейсмического районирования, призванного ответить на вопрос где конкретно ожидается проявление сейсмических событий и к каким последствиям они могут привести, то есть уточнить нормативную бальность территорий, определенную на основе общего сейсмического районирования. Основной задачей при этом является выявление и трассирование выходов на поверхность эшелонированной системы «прорастающих» из глубины субширотных сейсмически активных в современную эпоху малоамплитудных разломов над скрытыми региональными сдвигами такой же ориентировки и сопряженных с ними субмеридиональных зон повышенной трещиноватости раздвигового типа.

*Среднесрочный* прогноз землетрясений целесообразно осуществлять на основе анализа хода сейсмической активности, регистрируемой сейсмостанциями, с использованием оправдавшегося в пределах Байкальского сейсмогена метода выявления «сейсмических брешей» [21]. В этом отношении опасения вызывает западный фланг и центральная часть Северо-Горно-Алтайского сейсмогена, где в современную эпоху наблюдается «затишье» в отличие его восточного фланга в районе Шапшальского хребта. Не исключено, что здесь происходит накопление сейсмической энергии в глубинных очагах, которое может в ближайшие десятилетия реализоваться сильными землетрясениями. Необходим также учет астрономических факторов [22,23 и др.]. Для их реализации необходимо выполнить ретропрогноз для определения связи сейсмической активности АСХСО с конкретными астрономическими факторами и выработки решающих алгоритмов среднесрочного прогноза.

*Краткосрочный* (оперативный) прогноз осуществляется геофизическими и гидродинамическими методами в режиме мониторинга специально оборудованной сетью наблюдательных пунктов на геодинамических полигонах. В пределах российской Федерации такие прогностические полигоны действуют на Северном Кавказе, Байкале и Камчатке. Необходимо инициировать правительственное решение по организации такого прогностического полигона в пределах сейсмогенов российской части АСХСО. Во всех регионах (Республика Алтай, Хакасия, Алтайский и Красноярский края, Кемеровская область) имеется достаточное количество опытных и знающих специалистов (геологов, геофизиков и гидрогеологов), которые смогут обеспечить эффективное функционирование прогностического полигона по федеральной программе. Одновременно потребуются организовать оперативное наблюдение за ходом атмосферного давления, а также погодных явлений. Здесь безусловно пригодятся данные В.А. Говердовского в связи с землетрясением на юге Горного Алтая в 2003 г. [24].

В силу ограничений по объему в настоящей статье только обозначены основные задачи обеспечения сейсмической безопасности республики Алтай, дополнительно сведения могут быть получены при изучении прилагаемого далеко не полного перечня литературных источников по проблеме.

### Литература

1. Детальное сейсмическое районирование // М.: Наука, - 1980. 278 с.
2. Грицюк Я.М. Новейшая тектоника и геодинамика западной части Алтае-Саянской горно-складчатой области // Методы дистанц. исслед. для решения природоведч. задач. Материалы 4 Сес. Научн.-координац. сов. по аэрокосм. исслед. природ. ресурсов, Новосибирск, дек. 1983, Новосибирск: 1986, С. 73-79.
3. Грицюк Я.М., Зиновьев В.И., Ашурков В.А. Космогеодинамическая карта западной части Алтае-Саянской складчатой области // Тезисы докладов школы по обмену передовым опытом: Красноярск, - 1986. С. 33-37.
4. Грицюк Я.М., Ашурков В.А., Гусев Н.И., Зиновьев В.И., Кочеткова В.М., Снежко Б.А., Уразлин Н.И. Палеогеодинамические реконструкции западной части Алтае-Саянской складчатой области на основе теории литосферных плит // Актуальные вопросы региональной геологии Сибири. Новосибирск: 1990, С. 29-31.
5. Грицюк Я.М., Кочеткова В.М. Опыт сейсмического районирования Алтайского края средствами человеко-машинной технологии // Тезисы докл. к конф. «Влияние хозяйств. деятельности человека на геол. среду». Бийск. 1987. С. 36-37.
6. Грицюк Я.М. Неотектоника и современная геодинамика Алтае-Саянско-Хангайской области. Поиск критериев детального сейсмического районирования // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Материалы международной геофизической конференции: Новосибирск. 2000. С. 266-269.
7. Кучай В.К. Горячие зоны и геодинамика современного горообразования // Пробл. движений и структурообраз. в коре и верхней мантии. М.: 1985. С. 111-124.
8. Зорин Ю.А., Балк Т.В., Новоселова М.Р., Тургутанов Е.Х. Толщина литосферы под Монголо-Сибирской горной страной и сопредельными регионами // Изв. АН СССР. Физ. Земли. 1988. С.33-42.
9. Гоникберг В.Е. Морфоструктурная интерпретация космических снимков и некоторые аспекты новейшей геодинамики пояса возрожденных гор Южной Сибири // Изв. вузов. Геология и разведка. 1988. № 2. С. 35-44.
10. Гоникберг В.Е. Использование космических снимков для реконструкции новейшего поля тектонических напряжений // Исследование Земли из космоса. - 1983. № 6. С.39-51.
11. Раковец О.А. Новейшие структуры Алтае-Саянской горной области // Структур. геоморфология горн. стран. М.: Наука. 1975. С. 203-208.
12. Раковец О.А. Неотектоника Тувы // Сейсмогеология восточной части Алтае-Саянской области. - Новосибирск, - Наука, 1978. С. 48-58.

13. Обручев В.А. Землетрясения в Монголии // Природа, 1932. № 8.
  14. Вознесенский А.В. Исследование области Хангайских землетрясений в Северной Монголии // Матер. отд. физ.-геогр. Гегр. о-ва СССР, — 1962. Вып. 1.
  15. Солоненко А.В., Солоненко Н.В., Мельникова В.И., Кузмин Б.М. Напряжения и подвижки в очагах землетрясений Сибири и Монголии // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. – М.: ИФЗ РАН. Вып. I.1993.
  16. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Селезнев В.С. и др. Поиск подходов к сейсмологическому мониторингу Алтае-Саянской складчатой области // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Материалы международной геофизической конференции. – Новосибирск. 2000. С.81-85.
  17. Жадин В.В. Оценка сейсмической опасности для промышленных объектов Алтае-Саянского региона на основе гипотезы миграции сейсмической активности // Физ. техн. пробл. полезн. ископаемых – 1983, № 4. С23-29.
  18. Селезнев В.С., Соловьев В.М. Еманов А.Ф. Оценка сейсмической опасности территории Сибири // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Материалы международной геофизической конференции, – Новосибирск: 2000 С. 217-220.
  19. Предвестники землетрясений // М.: Наука. 1992. 190 с.
  20. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений // М.: Наука. 1993. 313с.
  21. Ружич В.В. Исследования по долгосрочному прогнозу землетрясений в Прибайкалье // Сейсмология в Сибири на рубеже тысячелетий. Материалы международной геофизической конференции. Новосибирск, – 2000. С. 193-197.
  22. Сытинский А.Д. О связи сейсмичности Земли с солнечной активностью и атмосферными процессами // Проблемы геодинамической безопасности. – СПб. 1997. С. 318-323.
  23. Яковлев Д.В., Тарасов Б.Г. Земной прилив и его отражение в статистике геодинамической активности // Горная геомеханика и маркшейдерское дело, – С.-Петербург: 1999. 76-78 с.
  24. Говердовский В.А. Уникально ли Алтайское землетрясение 2003 года? // Природные ресурсы Горного Алтая. – Горно-Алтайск: 2004. № 2. С. 14-15.
-