

УДК 550.348.436

Б.Н.Лузгин, Г.Я.Барышников, В.С.Осьмушкин
**Интенсивность и риск землетрясений
 в Алтайском крае**

Оценки сейсмической активности территории Алтайского края, являющиеся основой для планирования и строительства здесь различных зданий и сооружений, крайне противоречивы и в последние годы при составлении специальных карт просматривается тенденция к повышению значений прогнозируемой интенсивности землетрясений. Так, согласно фрагменту карты общего сейсмического районирования территории Российской Федерации, составленной в Институте физики Земли им. Г.А. Гамбурцева РАН (под ред. В.И. Уломова), на территории края выделяются зоны сейсмической активности от 5–7 баллов для Кулундинской степи, 6–8 баллов для северных его районов и до 9–10 баллов в низкогорной части Алтайских гор, в бассейнах рек Песчаной и Каменки [1]. К мнению о высокой динамичности сейсмических событий на этих площадях приходят и некоторые другие исследователи.

Вместе с тем логика подобных выводов, при всей имеющейся недостаточности и некоторой неопределенности исходных данных, противоре-

чит даже самым общим положениям тектоники, противопоставляющим устойчивость платформенных структур динамичности орогенных.

Даже общее сопоставление предполагаемой сейсмичности территории Западной Монголии, выполненное пионерами сейсмических исследований в России, в частности В.П. Солоненко (по [2]), с обсуждаемыми схемами по Алтайскому региону не может не вызвать чувства изумления: градации зон в одном из самых сейсмичных районов мира те же, что и на равнине Алтайского края (рис. 1). Мы умышленно приводим здесь плохо «сбиваемые» между собой схемы, чтобы оттенить это крайнее противоречие. И постараемся определить причины, лежащие в его основе.

Причины землетрясений

Землетрясения обычно определяются как сотрясения земной коры, обусловленные внезапным освобождением потенциальной энергии «земных недр». Однако, несмотря на это,

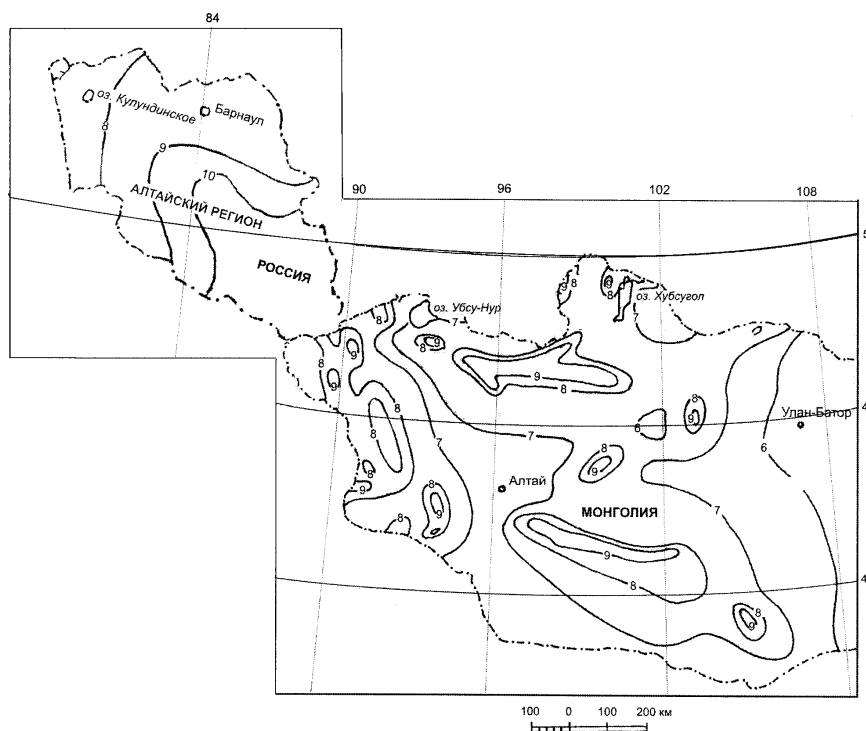


Рис. 1. Совмещенная схема сводных изосейст Алтайского региона [1] и Северо-Западной Монголии [2]

тектонические причины землетрясений не являются единственными. Выделяется группа обвальных землетрясений, связанных с освобождением потенциальной энергии в результате гравитационных явлений. И до последнего времени практически были мало исследованы землетрясения, являющиеся последствиями изменения гравитационных масс, перемещаемых при различного рода крупных строительствах, хотя – это широко демонстрируется – антропогенные процессы по целому ряду позиций достигли или превосходят соответствующие геологические силы.

Вероятно, следует выделить также группу ударных (импактных), взрывных землетрясений, вызываемых как природными явлениями, приводящими к астроблемным эффектам, так и антропогенными – производство взрывов (включая, естественно, ядерные), запуск и падение ракет, обрушение отработанных полостей горных выработок и т.п.

Значительный рост антропогенных воздействий крайне усложняет анализ причин землетрясений, делает его иногда многовариантным, но не учитывать всего класса антропогенных землетрясений уже совершенно невозможно. Иначе это приведет к явному искажению их природы и значительным практическим ошибкам. Кроме того, необходимо учитывать и возможность триггерных (спусковых) эффектов при развитии землетрясений. Типичный пример такого взаимодействия – вызов обвалов природными землетрясениями и, наоборот, возникновение землетрясений в результате крупных обвалов. При производстве ядерных взрывов, особенно в подземном исполнении, давно следует учитывать их влияние на соответствующее перераспределение напряжений в результате этого на отдельных участках земной коры. По существу эти эффекты иногда могут быть представлены в виде своего рода цепных реакций, способных приводить к разрушительным эффектам, подобно разрядке напряжений в недрах земли.

Проблемы эти реальны и заслуживают самого пристального изучения, заставляя отходить от некогда традиционного мнения: любое землетрясение на поверхности земли – результат перераспределения напряжений в земных недрах.

Да и сами очаги землетрясений могут возникать в самых различных позициях по отношению к местам сотрясений поверхности земли и распространяться различным образом: от радиального, как это было при разрушительном землетрясении в Кобо (Япония), до касательного,

при удаленном расположении их эпицентров от участков наблюдения.

Так, многие землетрясения в Алтайском крае являлись лишь отголосками крупных сейсмических событий, произошедших как в Казахстане, так и в Монголии, включая Хангайское, Танну-Ольское, Ашаньское, Гоби-Алтайское и др.

Наиболее ранним из таких резонансных землетрясений, которое представляет для нас повышенный интерес, является Монгольское землетрясение, произошедшее 9 декабря 1761 г. Магнитуда (разряжающееся напряжение в гипоцентре) оценивается ориентировочно в 8 единиц, интенсивность в эпицентре порядка 11 баллов. По ранним данным, это землетрясение было приурочено к крупной палеосейстовой структуре Ар-Хутел на северо-восточном склоне Монгольского Алтая. Е.А. Рогожин и С.Г. Платонова [3], на наш взгляд, преждевременно переносят эпицентр этого сейсмического события в Чуйскую зону Горного Алтая. Так, ряд исследователей считают Ар-Хутел крупнейшей выявленной палеосейсмогенной структурой на Земле. Отголоски этого катастрофического события проявлялись в эффектах землетрясений таким образом, что толчки в Усть-Каменогорске и Бийске ощущались интенсивностью порядка 6 баллов, а в Барнауле и Семипалатинске – около 5 баллов [4].

Хангайские землетрясения 1905 г. (9 июля произошел Цэцэрлэкский, а 23 июля Болнайский «эпизоды») имели магнитуды порядка 8,2 единиц и обладали интенсивностью до 11–12 баллов в эпицентральных зонах. Но отголоски этих событий распространились на всю Монголию, Северный Китай и Южную Сибирь (рис. 2).

Монголо-Алтайское (Ашаньское или Фуюньское) землетрясение 10 августа 1931 г. возникло на границе Монголии и провинции Синьдзян Китая. Его магнитуда оценивалась в 8 единиц, интенсивность в очаговой зоне 11 баллов. В зону изосейст в 6 баллов из интересующих нас объектов попадают Зырянск, 5 баллов – Семипалатинск, Бийск, Горно-Алтайск.

Землетрясение 1 января 1951 г. в Хантуйском аймаке Монголии отозвалось силой до 7 баллов в Алма-Ате, Фрунзе, Ташкенте и Свердловске [4].

Докатились до территории Алтайского края и отголоски одного из наиболее грандиозных в континентальной Евразии XX в. – Гоби-Алтайского землетрясения 4 декабря 1957 г., охватившего деформациями площадь около

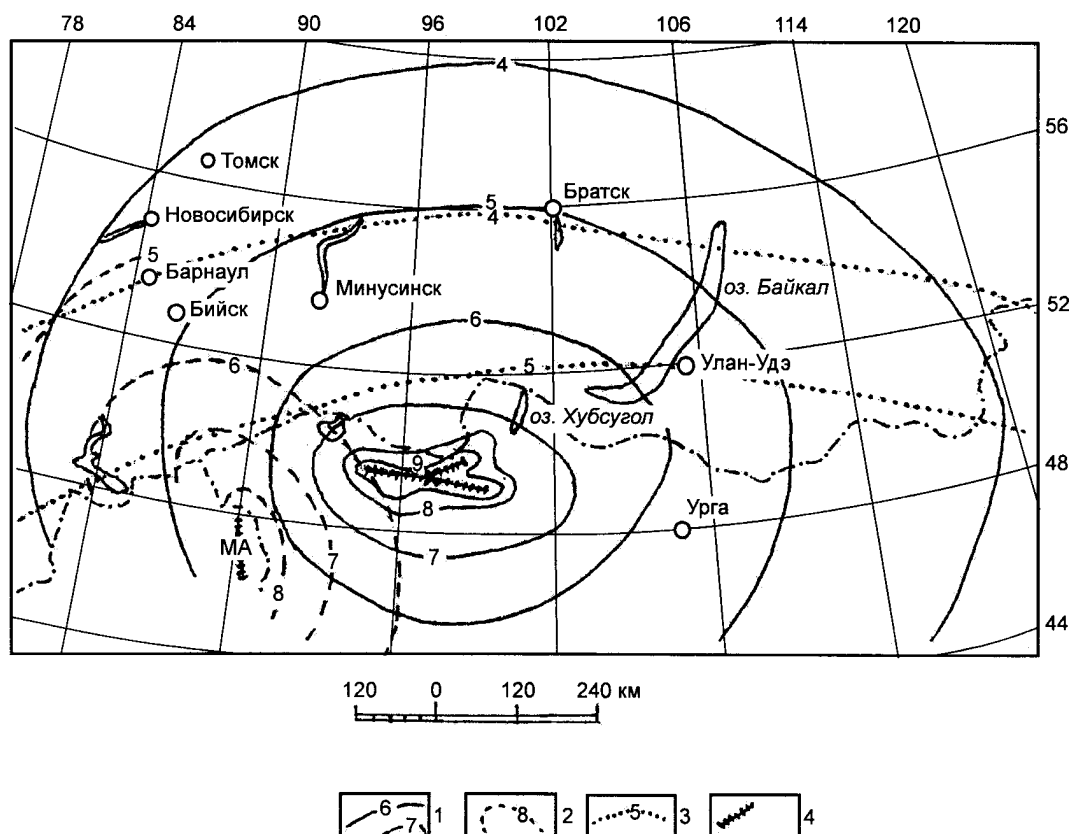


Рис. 2. Совмещенная схема изосейст Монголо-Алтайского [3], Хангайских [2] и Гоби-Алтайских землетрясений, проявившихся на территории Алтайского края: 1-3 - изосейсты землетрясений: 1 - Хангайских, 2 - Монголо-Алтайского, 3 - Гоби-Алтайского; 4 - зоны сейсморазрывов

7000 км² [5, 6]. Его магнитуда составила 8,2-8,6 единиц, интенсивность в очаговой зоне - 11-12 баллов. А на всей территории Монголии и в Северном Китае сотрясение отвечало 5 баллам. И это при том, что непосредственно эпицентр был расположен на расстоянии 1500 км от рассматриваемой в статье территории.

Достаточно сильным ($M = 7,0$) было Урэг-Нурское землетрясение 15 мая 1970 г., эпицентр которого приурочен к району сочленения хребта Цаган-Шибэту и Западного Танну-Ола, отозвавшегося в юго-восточных районах Русского Алтая.

Зайсанское землетрясение, проявившееся в Восточном Казахстане, произошло 14 июня 1990 г. Его магнитуда составила 6,9 единиц, наибольшая интенсивность $I_0 = 7$ отвечает местности, расположенной к востоку от оз. Зайсан [5].

Отмеченные наиболее крупные сейсмические события разыгрывались в прилегающей к Предалтайской равнине динамичной горной системе Большого Алтая, но упругие сейсмические волны силой 5-6 баллов распрост-

ранялись от них на сейсмически устойчивые районы Алтайского края. Для последнего их, вероятно, следует рассматривать как случайные редкие события, происходившие с частотой от 25 до более 150 лет.

Антропогенные сейсмические события существенно уступают по силе катастрофическим природным катаклизмам, тем не менее они достаточно значительны, а изучены несравненно хуже.

Так, М.И. Львович [7] первым в отечественной литературе привел сводку влияния водохранилищ на инициирование и развитие землетрясений. Из его обзора данной проблемы следует, что крупнообъемные массы воды оказывают самое активное влияние на перераспределение напряжений в земной коре и могут явиться причиной как возникновения землетрясений, так и возрастания их силы при расположении водохранилищ в сейсмически активных зонах. При этом реакция на нагрузку обычно запаздывает по отношению ко времени заполнения их водой, а сам диапазон такой временной задержки обычно составляет несколько лет.

В связи с частичной доступностью данных, связанных с проявлением землетрясений из-за проводимых ядерных взрывов, сколько-нибудь объективный анализ этой проблемы сделать нельзя. Но вывод о весьма существенном их влиянии на сотрясение земной поверхности очевиден. Разрушение островных ландшафтов, вплоть до полного уничтожения некоторых из тихоокеанских атоллов, говорит само за себя.

Г.Н. Черкасов [8] определяет силу ударного эффекта в центре взрыва в 10–12 баллов, радиус сейсмического действия – в 400–900 км. Об интенсивности землетрясений свидетельствуют и отрывочные сведения, приводимые при географических исследованиях различного направления. Так, В.И. Булатов [9] отмечает, в частности, порывы городских теплосетей, при подобных сотрясениях сопровождаемых подвижками грунта.

Несомненно, что кратковременные импактные импульсы в результате ударов о земную «мишень» метеороидов и других космических тел также сопровождаются сейсмологическими явлениями.

Хорошо известно о землетрясениях, вызванных существенным изменением гидродинамического баланса в результате отработки нефтяных и газовых месторождений, интенсивной эксплуатации подземных вод и т.п. В этом же ряду явлений находятся и так называемые горные удары, представляющие собой сложную проблему безопасности при отработке глубинных уровней ряда крупных месторождений.

Сейсмогенная обстановка в Алтайском крае

Прежде всего следует обратить внимание на то обстоятельство, что насыщенность эпицентрами землетрясений самих Алтайских гор уступает на один-два порядка соответствующим характеристикам наиболее сейсмических поясов, таких как островно-океанические дуги и, в частности, их Западно-Тихоокеанского пояса (Восточной Камчатки, Курилам и т.п.) [5]. Во-вторых, это отдаленный регион и от зоны современного коллизионного взаимодействия Аравийской и Индийской плит с Евразийской плитой, характеризующегося значительной насыщенностью активных тектонических разломов, под которыми понимаются прямо или косвенно выраженные на земной поверхности дизъюнктивные нарушения с признаками позднеплейстоцен-голоценовых перемещений [10].

Согласно последним сводкам по сейсмопроявлениям в Алтай-Саянском регионе [11] и Мон-

голии [2], которые мы совместили на прилагаемом рисунке 3, отчетливо видна крайняя неравномерность распределения интенсивно, мало и практически асейсмичных поясов, ареалов и узлов на всей этой территории. Вероятно, это и есть та фактическая основа, которая должна и способна служить основанием для зонирования возможных очагов землетрясений. Исторические и палеосейсмогеологические данные, достоверность интенсивности и местоположение которых уступают фактически зафиксированным на инструментальной основе, естественно, должны быть учтены, но эта информация должна быть отсепарирована от субъективных факторов, присущих большинству исследований.

С другой стороны, следует учесть, что только с 1963 г. в Алтай-Саянской области в целом стали регистрироваться все землетрясения энергетического класса $K \geq 10$ (магнитудой $M \geq 3,5$) с ошибками в вычислении координат эпицентров землетрясений не более 10–15 км [11]. А вообще в Сибири по 1952 г. (с 1912 г.) существовала единственная Иркутская сейсмостанция [4].

Согласно обобщению Н.Д. Жалковского и других, по данным 1963–1991 гг. [11], уровень сейсмической активности в Алтай-Саянской области резко неоднороден. Основные эпицентры зоны сосредоточены в Восточно-Тувинских нагорьях, в районе субширотных хребтов Хан-Хухийн-Ула и Болнай-Нуру в Северной Монголии, в зоне сопряжения Алтая с Западным Саяном и Западным Тунну-Ола. Значительно менее активная зона расположена в Восточном Казахстане. Остальная часть территории существенно уступает им по сейсмоактивности. Низка она для Центральной Тувы и прилегающих к ней площадей Монголии, включающих Кызыльскую и Убсу-Нурскую впадины, обширной территории Джунгарии (Китай), юго-восточной части Котловины Больших Озер и Хангайского нагорья Монголии. «Малой активностью характеризуется также вся остальная территория области, располагающаяся к западу и северу от Горного Алтая и Западного Саяна» [11, с. 24].

На нынешней территории Алтайского края несколько обособленно от основной зоны эпицентров землетрясений (см. рис. 3) расположен Каменский (в районе г. Камень-на-Оби) узел повышенной сейсмичности, для которого имеются сведения о проявлении землетрясений 4–6 баллов, произошедших в 1829, 1882, 1914, 1931 гг. Из них по крайней мере последнее, вероятно, было связано с Ашанскими сейсмособытиями.

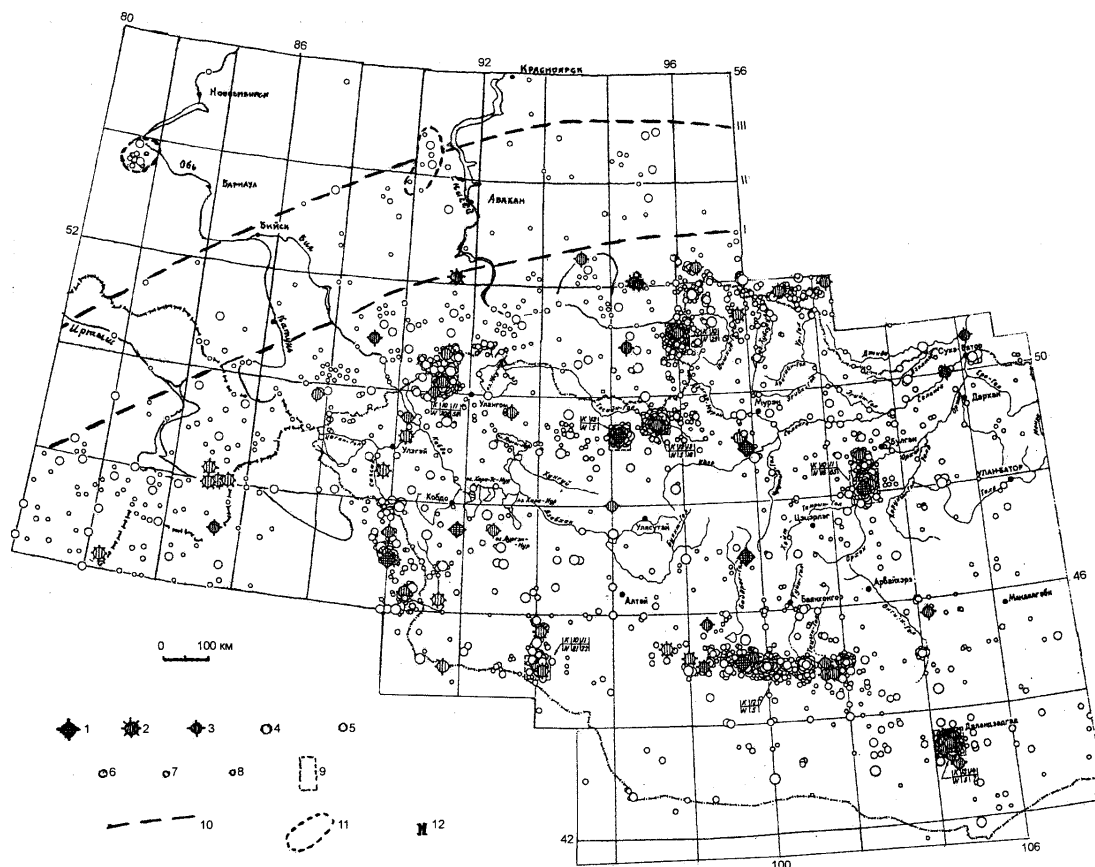


Рис. 3. Совмещенная схема эпицентров землетрясений Алтайского региона [11], Северо-Западной Монголии и провинции Синьдзян Китая [2]

1-8 - эпицентр землетрясений с энергетическим классом (К):
 1 - 17, 2 - 16, 3 - 15, 4 - 14, 5 - 13, 6 - 12, 7 - 11, 8 - 10; 9 - площади максимального скопления эпицентров землетрясений, количество (N) и энергетический класс (K) которых указаны в соответствующих табличках на схеме; 10 - границы сейсмогенных зон; 11 - сейсмогенные узлы; 12 - номера зон: I - интенсивных и частых землетрясений, II - умеренных и редких землетрясений, III - асейсмичной зоны

Более поздняя активизация сейсмической деятельности в данном районе приходится на 1964-1967 гг., из которых наиболее сильное землетрясение этой выборки произошло 15 февраля 1965 г. в 19 час 35 мин местного времени. Предполагается, что гипоцентр его находился на глубине 15-20 км в Каменской зоне разломов; эпицентр спроектирован в 10-12 км юго-восточнее г. Камень-на-Оби. Изосейста, соответствующая 7 баллам, оконтуривала площадь около 400-500 км². В городе были отмечены разрушения.

Землетрясения умеренной силы (интенсивностью менее 4 баллов) фиксировались в юго-западной части Алтайского края вблизи алтайского низкогорья и в предгорьях Салаира.

Несколько повышенная активность сейсмогенных событий вероятно для зоны «фаса Алтая» - границы Предальтайской равнины и Алтайских гор, о чем косвенно свидетельствует

крутой «надви» палеозойских орогенных структур горной области на мезо-кайнозойские осадки по южной границе Кулундинской тектонической плиты.

Тот и другой районы (Каменский и «фасовый») как раз и представляют собой наиболее мобильные геологические структуры исследуемого региона. Они отвечают положению региональных широтных зон разломов между крупными и разнородными геологическими структурами на юге, образуя тектонический шов между платформой и подвижным орогенным поясом и на севере ограничивая с юга погружающийся со структурами фундамента Каменский вал - периферию Колывань-Томской складчатой области. Внутренняя часть заключенной между ними Кулундинской плиты характеризуется устойчивым и глубоким (до 1200 м) погружением в западном направлении платформенного чехла, что обуславливает га-

шение колебаний к поверхности даже в случае их возникновения при малоамплитудных подвижках в теле фундамента.

В связи с отмеченными выше случаями активизации сейсмичности в зонах строительства крупных водохранилищ нельзя исключить этот антропогенный триггерный фактор и для Каменского сейсмогенного узла у Новосибирского (Обского) водохранилища, с общим объемом накопленных водных масс в количестве $8,8 \text{ км}^3$, что соответствует дополнительной гравитационной нагрузке в 9 млн т.

О возможности подобного сценария развития событий свидетельствует и время активизации здесь землетрясений, которое определено перераспределением гидростатических нагрузок в течение 6–9 лет после полного заполнения водохранилища водой (1957–1959 гг.). Во всяком случае, исключать этот вариант инициирования здесь землетрясений нельзя. Уж больно характерно компактное группирование землетрясений береговой границы верхней части водохранилища, примерно отвечающей и положению на глубине относительно мобильной Каменской зоны разломов. Следовательно, здесь наиболее вероятно действие антропогенно-природных факторов возбуждения сотрясений земной коры.

Согласно Г.Н. Черкасову, фиксируется также «резкий всплеск тектонической активности с современным подновлением разломов» в левобережье Оби с приближением к Семипалатинскому ядерному полигону, в связи с входжением «в зону воздействия ударного эффекта от подземных ядерных взрывов» [8, с. 291]. Автор считает, что в результате этого высокоминерализованные хлоридные воды прорывались по обновленным разломам к поверхности, резко изменяя гидрохимическую ситуацию, образуя обширный мозаичный гидрокомплекс. В частности, подобный прорыв привел к засолению земель в междуречье Дресвянки и Березовки к югу от г. Горняк на площади порядка 2 км^2 .

По его мнению, несколько неожиданных землетрясений интенсивностью до 3–4 баллов, произошедших за последние 35–40 лет в г. Новосибирске, имели эпицентр в Восточном Казахстане, в районе ядерных испытаний.

Вместе с тем и здесь возможно комбинированное, сочетанное проявление сейсмособытий и с учетом перераспределения гидродинамических сил в пределах Обского водохранилища.

К сожалению, мы не обладаем полными сведениями по хронике подземных ядерных испытаний на Семипалатинском военном по-

лигоне, проводившихся в 1963–1989 гг., с разделением их по мощности самих взрывов. Кроме того, по большинству из зафиксированных в это время землетрясений в пределах Алтайского края нет четких сведений о точном времени их проявления. Это только предстоит сделать. Но более общая сопоставимость этих событий представляется вероятной. Во всяком случае, отмечаемая вскользь исследователями активизация землетрясений в крае после 1963 г. (после подписания конвенции о запрещении испытаний ядерного оружия в атмосфере) весьма настораживает.

Таким образом, природа землетрясений в Алтайском крае весьма неоднородна, многофакторна и в связи с этим представляет предмет самостоятельного детального изучения.

Сейсмогенный риск в общей концепции рисков

Природный риск, несмотря на то, что с последствиями его человечеству приходилось сталкиваться еще на заре своего развития, стал объектом пристального внимания ученых лишь сравнительно недавно, с последних десятилетий XX в. Значительно лучше природного исследован техногенный риск, ставший особо важной жизненной проблемой в связи с развитием все более усложняющихся высоких технологий и все большей тяжестью его трагических последствий.

В результате происходит калейдоскопическая смена ряда теорий, познающих особенности его возникновения и разрешения – безопасности, надежности и, наконец, собственного риска. Анализ риска синтезирует знания многих научных дисциплин. Он включает в себя достижения еще одной, тесно с ней связанной, – теории вероятностей. По существу зародилась новая наука о риске и путях его минимизации [12].

Полная теория риска, по афористическому выражению А. Адамса [13], представляется столь же вероятной, как законченная теория счастья. Ему вторит Дж. Гэммер: образно выражаясь, стремление защитить людей от любого риска означает совет «не переходить дорогу в Оксфорде».

Действительно, если вслед за Ф. Найтом выделять неопределенности событий, исчисляемые и неисчисляемые, то «риск – это исчисляемая неопределенность, которая каким-либо методом может быть сведена к объективной, количественно измеряемой вероятности, но существует и более высокая форма неопределенности, ко-

торая недоступна измерению, а значит, и устранению» [14, с. 1].

Если предыдущие теории ставили своей главной целью по возможности избежать даже единичной жертвы, то теория рисков, к сожалению, должна была отойти от подобной цели как недостижимой и подойти к определению максимально допустимого уровня более неопределенного, но и более достижимого [15, 16]. Уберечь каждого из жителей Земли, в частности, от природных катастроф невозможно, а свести к минимизации последствия этих катастроф – задача выполнимая. И все должно быть подчинено ей.

Риск землетрясений является одним из экологических рисков, под которыми понимается возможность возникновения неблагоприятных экологических последствий, вызванных как антропогенными, так и опасными природными явлениями [17]. Вместе с тем опасность риска жизни людей при землетрясениях значительно менее связана с прямым их влиянием, чем опосредованным: когда разрушение строений и сооружений является прямой причиной жертвенности событий. В этом специфика риска землетрясений, и это условие должно учитываться в первую очередь. Возникает проблема, близкая к той, которая учитывается страховыми компаниями, использующими для этих целей прогнозы интенсивности риска ущерба от землетрясений. Вот как, например, выглядит по этому показателю районирование территории США (рис. 4а). Обращает на себя внимание резкое отличие в подходе зонирования землетрясений для территории Алтайского региона по В.И. Уломову и др. [1]. В первом случае в основе схемы заложены элементы геодинамики различных геолого-геоморфологических факторов, что наглядно отражено в сопоставлении данной схемы с геоморфологическим районированием соответствующей территории (рис. 4б [18]).

С этих позиций очевидно, что в основу анализируемых событий должна быть положена не поведенческая (хотя это и очень важно), но в основном структурная концепция уменьшения риска [15]: решение проблемы стихийных бедствий в этих случаях следует обеспечивать путем уменьшения уязвимости населения.

Оптимизация принципов районирования Алтайского края

Безусловно, пути разработок мер по уменьшению сейсмических рисков не ограничиваются районированием возможных очагов землетря-

сений и мерами по ужесточению требований к качеству строительных материалов и самого строительства, особенно в связи с их сейсмостойкостью. Это абсолютно справедливое требование по отношению к наиболее сейсмоактивным районам. Но в районах меньшей активности и незначительной их частоты, вероятно, допустимо ограничиться условиями рассредоточенного, одноэтажно-холлового жилья облегченного типа, что не может абсолютно решить проблемы полной безопасности населения этих районов, но сведет к обоснованному минимуму риск природных катастроф в результате проявления землетрясений. Для таких регионов необходима и психологическая готовность населения, определяемая концепцией «жизни с риском», с хорошо организованной службой мониторинга за сейсмичностью, и поведенческая организация в условиях прогнозируемых сейсмособытий.

Возведение только сейсмостойких зданий не решает проблему рисков даже в наиболее сейсмичных обжитых районах Земли. Так, хорошо организованная система сейсмобезопасности Японии не смогла избежать сбоя при землетрясении в Кобо, когда и эпицентр, и гипоцентр оказались расположенными непосредственно под этим городом. Меры «борьбы» с землетрясениями должны быть более обширными и многообразными.

Поэтому обсуждаемая проблема в приложении к Алтайскому краю должна базироваться, с одной стороны, на оптимизации принципов сейсмического районирования территории края, что является главным образом научной проблемой, а с другой, – на четко обоснованных программах мониторинга порайонных форм и способов строительства, соблюдения «безопасных» норм возведения зданий и сооружений, на социально-организационных формах и методах просвещения и воспитания населения. При бесконтрольном качестве строительства и отсутствии ревизионных обследований устойчивости зданий «Спитак» может возникнуть в любом месте, где он будет соответствующим образом «организован» простой бесхозяйственностью властей. Не надо быть особенно прозорливым, чтобы предсказать, что многие из наших обветшалых зданий способны разрушиться и привести к жертвам по любой случайной причине, даже ни на йоту не зависящей от земной сейсмичности. Не надо ее превращать во все объясняющий предлог, обеспечивающий нашу безответственность в подобных ситуациях.

Вероятно, из изложенных в настоящей статье данных сейсмическое районирование тер-

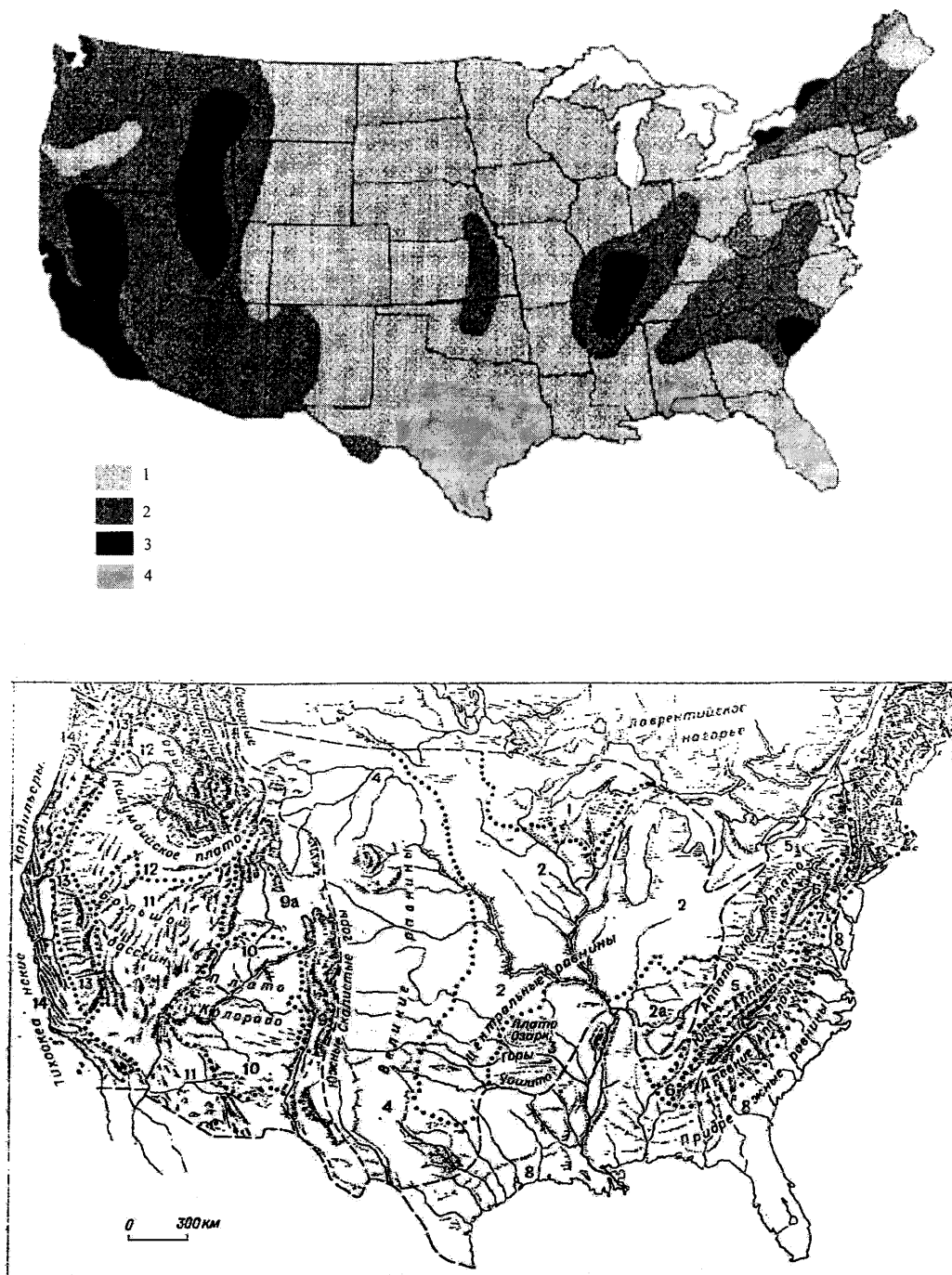


Рис. 4. Схема распространения интенсивности риска ущерба от землетрясений на территории США (а – по [13], б – по [18])

Территория риска: 1 – с минимальным ущербом; 2 – с умеренным ущербом; 3 – с катастрофическим ущербом; 4 – без ущерба

ритории Алтайского края должно основываться не на используемых ныне схемах потенциальной сейсмической зональности, а на достоверном структурном сейсмо-геолого-геоморфологическом выделении мобильных пограничных и относительно стабильных собственно платформенных структур. С этих позиций в качестве относительно сейсмоактивных заслуживает выделение Каменской и фасово-алтайской

субширотных тектонических зон и сейсмоопасных узлов (типа Каменского) в их пределах. Однако даже до окончательного прояснения представлений о реальных рисках этих блоков сейсмического районирования очевидно, что отнесение их к прогнозируемым высокобалльным объектам (вплоть до 7–10 баллов) по существу исключено.

Литература

1. Сейсмическое районирование Алтайского края // Сейсмическое районирование Алтайского края и Республики Алтай: Отчет о НИР. Барнаул, 2001.
2. Хилько С.Д., Курушин Р.А., Кочетков В.М., Мишарина Л.А., Мельникова В.И., Гилева Н.А., Ласточкин С.В., Балжянниан И., Монхоо Д. Землетрясения и основы сейсмического районирования Монголии. М., 1985.
3. Рогожин Е.А., Платонова С.Г. Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. М., 2002.
4. Солоненко В.П., Тресков А.А., Флоренцов Н.А. Катастрофическое Гоби-Алтайское землетрясение 4 декабря 1957 г.: Сейсмогеологический очерк. М., 1960.
5. Новейшая тектоника, геодинамика и сейсмичность Северной Евразии / Под ред. А.Ф. Грачева. М., 2000.
6. Гоби-Алтайское землетрясение / Под ред. Н.А. Флоренцова, В.П. Солоненко. М., 1963.
7. Львович М.И. Вода и жизнь (водные ресурсы, их преобразование и охрана). М., 1986.
8. Черкасов Г.Н. Последствия подземных ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне для экосистем юга Западной Сибири // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Томск, 1998. Т. 3.
9. Булатов В.И. Россия радиоактивная. Новосибирск, 1996.
10. Трифонов В.Г., Востриков Г.А., Трифонов Р.В., Карахатян А.С., Соболева О.В. Современная геодинамика Альпийско-Гималайского пояса // Глобальные изменения природной среды. Новосибирск, 1998.
11. Жалковский Н.Д., Кучай О.А., Мучная В.И. Сейсмичность и некоторые характеристики напряженного состояния земной коры Алтае-Саянской области // Геология и геофизика. 1995. Т. 36. №10.
12. Котляков В.М., Трофимов А.М., Худяев Р.Г., Борунов А.К., Гнеденков Л.Н., Селиверстов Ю.П. Географический прогноз и теория катастроф // Известия РАН: Сер. географ., 1993. №5.
13. Григорьев Ал. А., Кондратьев К.Я. Экодинамика и геополитика. Т. II: Экологические катастрофы. СПб., 2001.
14. Трофимов А.М., Котляков В.М., Селиверстов Ю.П., Зайнуллина А.Р. Основные подходы к решению проблемы риска // Известия РГО. 1999. Вып. 4.
15. Риск как точная наука // Наука и жизнь, 1991. №3.
16. Порфирьев Б.Н. Концепция риска: новый подход к экологической политике // США. Экономика, политика, идеология. 1988, №11.
17. Григорьев Ал.А., Кондратьев К.Я. Природные и антропогенные экологические катастрофы: проблема риска // Известия РГО. 1998. Вып. 4.
18. Энциклопедия региональной геологии мира. Л., 1980.