

**ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ:  
КЛАССИФИКАЦИЯ, ПРОЯВЛЕНИЯ В ЛИТОСФЕРЕ КУРИЛО-САХАЛИНСКОГО  
РЕГИОНА**

**Т.К.Злобин<sup>1</sup>, А.Ю.Полец<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, ул. Науки 1б, г. Южно-Сахалинск, 693022;  
e-mail: T.Zlobin@mail.ru

<sup>2</sup>Сахалинский государственный университет, ул. Ленина 290, г. Южно-Сахалинск, 693008;  
e-mail: polec84@mail.ru

Поступила в редакцию 26 марта 2012 г.

В статье рассмотрены геодинамические процессы и природные катастрофы. При этом дана классификация их проявления в целом на Земле, в ее твердой оболочке, а также в литосфере Курило-Сахалинского региона. При изучении катастроф этого региона рассмотрена возможная связь здесь между двумя основными видами катастроф в литосфере – землетрясениями и извержениями вулканов. Помимо этого рассмотрены случайность или закономерность (периодичность) природных катастроф, длительность процессов, их бифуркация. Названы источники энергии геодинамических процессов и основных природных катастроф.

**Ключевые слова:** геодинамические процессы, природные катастрофы, земная кора и верхняя мантия, землетрясения, вулканы, Курилы, Сахалин.

#### ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье названы основные геодинамические процессы и природные катастрофы, дана их классификация, рассмотрены иные аспекты природных катастроф, а затем отмечена возможная связь последних землетрясений и извержений вулканов в регионе.

С геодинамическими процессами практически связаны все явления, происходящие на Земле, в ее недрах, во всех оболочках от ядра до литосферы, в том числе в ее верхней части – земной коре [2, 6–8, 13–15, 20, 23, 36–40]. Они определяют и приводят практически к самым разнообразным природным катастрофам, причем не только в литосфере, но и других околоземных оболочках [28]. Поэтому рассмотрение геодинамических процессов очень важно при изучении природных катастроф [14, 37–40]. Сначала рассмотрены процессы и природные катастрофы в целом, дана их классификация, а затем – их проявления в литосфере Сахалино-Курильского региона [14]. В конце статьи рассмотрена возможная связь между землетрясениями и извержениями вулканов.

#### ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Ранее были рассмотрены геодинамические процессы в целом [20]. Глубинные причины, вызывающие катастрофы, различны. Они могут быть связаны с процессами в Земле в целом, а также в ее сферах – ядре, мантии, литосфере, астеносфере и земной коре. Поэтому мы рассмотрели сферы проявлений основных процессов, ареалы, зоны, структуры Земли и концепцию с учетом геодинамики иерархически соподчиненных геосфер М.А. Гончарова [9].

При таком подходе можно разграничить сферы действия и сгруппировать геодинамические процессы по иной схеме, адекватно отражающей геологическую и геофизическую реальность. Это позволяет оценить возможности каждого процесса, его специфики и причины, области ограничения и применять любую из названной концепции. Отметим, что каждый процесс применим для определенного диапазона глубин и, таким образом, указанные концепции могут не противоречить одна другой. Вышесказанное покажем в виде табл. 1.

Таблица 1. Классификация геодинамических процессов

№ сфер	Сферы проявления глубины, км		Ареал, зоны, структуры	Процессы (основные)	Концепции
1	Земля в целом 6371		Повсеместно	Гравитационные, вращения, электромагнитные, тепловые, дрейф континентов	Астрономические
2	Ядро	Внутреннее 6371–5120	Повсеместно	Вращение, гравитационная дифференциация	Астрономические
		Внешнее 5210–2900	Повсеместно	Вращение, гравитация, конвекция, тепловые	Тектоника роста
3	Мантия	Нижняя 2900–1700	Повсеместно	Созидание и распад суперконтинетов, конвекция, адвекция, диапиры, плюмы, горячие точки (субдукция (?), спрединг)	Плюмтектоника
		Средняя 1700–670			
		Верхняя 670–33	Зоны конвергенции, дивергенции, коллизии, СФЗ***		
4	Литосфера, астеносфера	от 300–400 до 25–75	Континенты, океаны, зоны перехода, литосферные плиты, разломы, сейсмофокальные зоны	Эндогенные процессы, изостазия, сейсмичность	Тектоника плит
5	Земная кора* 70–10 – 6–20**	Нижняя от 40–10 – 3–10**	Платформы, пояса (срединно-океанические, складчатые, подвижные, геосинклинальные, орогенные, сейсмические). Слои, блоки, области неоднородностей, градиентные зоны, разломы	Эндогенные процессы, вулканизм, сейсмичность	
		Средняя 20 до 1–3		То же	
		Верхняя 10–0.5		То же +экзогенные процессы	
	Осадочный чехол 15–0.5	Бассейны, прогибы, рифты, поднятия, купола, валы, разломы, складчатые и локальные структуры	Седиментация, деформация, метаморфизм	Тектоника плит(?)	

\* Нижний слой грануито-базитовый («базальтовый»), средний грануито-гнейсовый, верхний гранито-гнейсовый.

\*\* Первое верхнее значение относится к континентальной коре, второе – к океанической и субокеанической.

\*\*\* СФЗ – сейсмофокальные зоны

При рассмотрении **Земли в целом** необходимо назвать такие основные процессы, как: гравитационные, вращения, электромагнитные, тепловые, дрейф континентов. Соответственно применялись астрономические концепции [1, 2, 9].

Рассматривая **ядро Земли** необходимо отдельно отметить внутреннее и внешнее ядро. В первом (внутреннем) проявились в основном такие процессы, как вращение, гравитационная дифференциация, к которым применимы астрономические концепции [7, 8, 30].

Во втором (внешнем) ядре имели место такие процессы, как вращение, гравитационная дифференциация,

конвекция, тепловые. К ним применимы тектоника роста [3, 9, 48, 49].

При рассмотрении процессов **в мантии** необходимо описать отдельно процессы в нижней, средней и верхней мантии. В нижней мантии на глобальном уровне проявлялись повсеместно такие процессы, как созидание и распад суперконтинетов, конвекция, адвекция, диапиры, плюмы, горячие точки (субдукция (?), спрединг), а в верхней мантии – конвергенция, дивергенция, коллизия, процессы в сейсмофокальных зонах (СФЗ). В целом к мантии применима такая концепция, как плюмтектоника [9, 20, 21, 34, 48].

Рассматривая литосферу и земную кору, необходимо и возможно рассматривать как их строение, так и динамику [17, 22, 23]. В целом в литосфере Земли, простирающейся на глубинах от 25–75 км до 300–400 км, выделяются такие ареалы, зоны и структуры, как континенты, океаны, зоны перехода, литосферные плиты, разломы [9, 20]. Важнейшим структурно-тектоническим элементом земной коры, верхней мантии являются сейсмофокальные зоны [12, 20, 29, 46, 48].

Рассматриваемый нами Курило-Сахалинский регион входит в переходную зону от Азиатского материка к Тихому океану [11, 27, 29]. Эта зона включает литосферные плиты: Евразийскую (юго-восточная оконечность), Охотскую микроплиту (которую некоторые исследователи включают в Северо-Американскую плиту) и Китайскую микроплиту (северо-восточную часть).

Заметим, что Курило-Сахалинский регион в тектоническом отношении входит в более крупный Охотоморский регион, а при рассмотрении Востока Азии в сейсмическом отношении в нее входит, в свою очередь, Курило-Охотский и Сахалинский регионы.

Характеризуя **основные структурные элементы земной коры**, отметим, что в Охотоморский регион входят такие основные элементы, как, например: Сибирский кратон, включающий ряд массивов (Охотский, Омолонский и др), Сугойский прогиб, складчатые области (Сихотэ-Алинская, Монголо-Охотская, Хоккайдо-Сахалинская и др.), вулканоплутонические пояса (Восточно-Сихотэ-Алинский, Охотско-Чукотский и др.), островные дуги (Курило-Камчатская, Тохоку-Хонсю), Курильскую глубоководную впадину, Охотоморскую плиту (микроконтинент, супертеррейн), Курило-Камчатский глубоководный желоб (рис. 1) [10, 20, 34, 45].

Кроме того, выделяют надвиги и прочие разрывные нарушения. Большую роль играют разломные зоны и глубинные разломы. Например, на Сахалине это такие, как Западно-Сахалинский, Центрально-Сахалинский и Хокайдо-Сахалинский разломы, а под Охотским морем – Восточно-Сахалинская, Пограничная, Центрально-Охотская, Хоккайдо-Восточно-Дерюгинская зона и другие [44].

Можно выделить и элементы меньшего порядка – вышеназванные и другие разломы, а также градиентные зоны, террейны, блоки, слои.

При этом, в **осадочном чехле коры** выделяют бассейны, прогибы, рифты, поднятия, купола, валы, разломы, складчатые системы и локальные структуры. В рассматриваемом регионе это, например, Северо-Сахалинский и Южно-Сахалинский, За-

падно-Камчатский, Магаданский, Шантарский, Дерюгинский, Тинровкий, Галыгинский, Южно-Охотский и Средне Курильский бассейны. Из прогибов самый значительный – Татарский прогиб. В Охотском море крупным прогибом является Тинро, из поднятий примером может являться Шантарское поднятие (рис. 1) [47].

Таким образом, вышеназванная классификация может быть использована при рассмотрении структур региона.

Помимо рассмотрения классификации геодинамических процессов, мы оценили фрактальность (делимость) различных структур и градации систем (от Леонардо да Винчи до М.А. Садовского и др.) [41–43]. При этом рассмотрены применявшиеся разные концепции, от астрономических, тектоники роста, плюмтектоники до тектоники плит. Проведенный анализ позволяет сделать вывод: установленное по геологическим и геофизическим данным деление Земли на сферы имеет определенную градацию, и иерархическую структуру, близкую «золотому сечению», хотя полного соответствия не наблюдается [43].

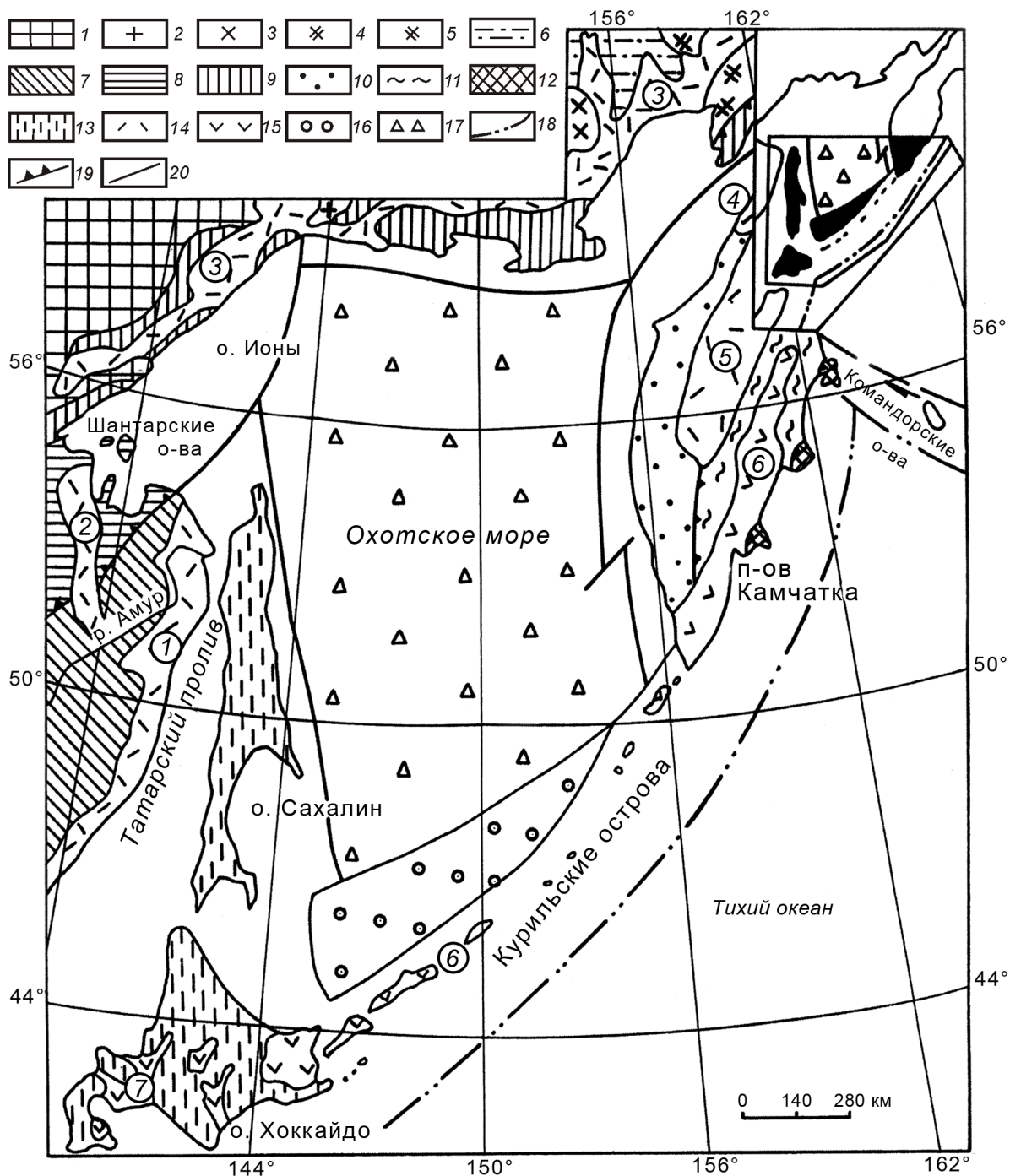
#### СВЯЗЬ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ

Вопрос связи природных катастроф с геодинамическими процессами, являющимися их причинами, имеет важнейшее значение. Поэтому необходимо рассматривать динамику процессов, вопросы глобальной геодинамики, соответствующие гипотезы, концепции динамики Земли, включая горячие точки и поля, плюмтектонику, парадигму тектоники роста, динамику ядра по Ю.Н. Авсюку и И.И. Суворову [1], В.Н. Анфилогову и Ю.В. Хачаю [3]. Геодинамические процессы могут быть связаны с изменением скорости вращения Земли и с напряженным состоянием в твердой оболочке, проявляющимся в сейсмичности [30] и регматической сети разломов и трещин, согласно В.Е. Хаину [48], В.Е. Хаину, Н.В. Короновскому [49, 50], Н.В. Короновскому и М.Г. Ломидзе [26]. В свою очередь на планетарные тектонические и геофизические процессы влияют и небесные тела [6, 8].

С глубинными геодинамическими и тектономагматическими процессами в земной коре, мантии, ядре связаны сильнейшие катастрофы в литосфере (землетрясения и извержения вулканов) [20, 23]. Эти виды катастроф в литосфере представляют большой интерес для Дальневосточного региона, прежде всего для Сахалина, Курил и Камчатки [22].

#### ПРИРОДНЫЕ КАТАСТРОФЫ

Прежде чем рассматривать виды природных катастроф, дадим их классификацию и определим мес-



**Рис. 1.** Тектоническая схема Охотоморского региона. Составлена по данным [34] с изменениями и добавлениями В.М. Гранника [10], район исследований которого показан на врезке.

1 – Сибирский кратон; 2–5 – массивы: 2 – Охотский, 3 – Балыгчанский, 4 – Омолонский, 5 – Тайгоносско-Пареньский, 6 – Сугойский прогиб; 7–13 – складчатые области: 7 – Сихотэ-Алинская, 8 – Монголо-Охотская, 9 – Северо-Охотская, 10 – Западно-Камчатская, 11 – Восточных хребтов, 12 – Восточных полуостровов, 13 – Хоккайдо-Сахалинская; 14 – вулcano-плутонические пояса: 1–5 – цифры на схеме: 1 – Восточно-Сихотэ-Алинский, 2 – Хингано-Охотский, 3 – Охотско-Чукотский, 4 – Южно-Корякский, 5 – Центрально-Камчатский (Западно-Камчатский [34]); 15 – островные дуги: 6–7 – цифры на схеме: 6 – Курило-Камчатская, 7 – Тохоку-Хонсю; 16 – Курильская (Южно-Охотская) глубоководная впадина; 17 – Охотоморская плита (микроконтинент, супертеррейн); 18 – осевая зона Курило-Камчатского глубоководного жёлоба; 19 – надвиги; 20 – прочие разрывные нарушения.

то этих вышеназванных явлений. Всего можно назвать три класса катастроф, и заметим, что помимо природных катастроф существуют также социальные и антропогенные (включающие техногенные). Мы их не рассматриваем, но последствия их имеют для людей сопоставимое, а в некоторых случаях большее значение, чем природные.

В разработанной Т.К. Злобиным классификации выделено 33 вида природных катастроф (табл. 2) [14, 20]. При этом были проанализированы виды и классы катастроф, а также сферы их проявления. В первую очередь, выделили быстрые и медленные катастрофы.

Среди медленных катастроф в геосфере выделили 6 видов. Эти катастрофы связаны с изменением глобальных параметров Земли: скорости и наклона оси вращения Земли; инверсией магнитных полюсов Земли; срывом электрических токов на ядре; глобальным изменением климата; погружением морских побережий и изменением направлений морских течений.

Среди быстрых катастроф, включая в рассмотрение литосферу (земную кору и верхнюю мантию), устанавливаются два вида. Это землетрясения и извержения вулканов, которые являются основными в Охотоморском и Курило-Сахалин-

**Таблица 2. Классификация природных катастроф**

№№	Класс катастроф	Сфера проявления	Вид катастроф
IA	Природные катастрофы (медленные)	<b>Геосфера</b> (ядро, внутренние и внешние оболочки)	1. Катастрофы, связанные с изменением глобальных параметров Земли: скорости и наклона оси вращения Земли 2. Инверсия магнитных полюсов Земли 3. Срыв электрических токов на ядре и др. 4. Глобальное изменение климата 5. Погружение морских побережий 6. Изменение направлений морских течений
		<b>Литосфера</b> (земная кора и верхняя мантия)	1. Землетрясения 2. Извержения вулканов
IB	Природные катастрофы (быстрые)	<b>Земная кора</b> (приповерхностная часть)	1. Обвалы, горные удары, карст 2. Оползни, осыпи 3. Сели (лахары) 4. Лавины, турбидитные потоки
		<b>Гидросфера</b>	1. Цунами 2. Штормовые нагоны 3. Наводнения 4. Паводки
		<b>Атмосфера</b>	1. Тропические циклоны 2. Ураганы (тайфуны) 3. Торнадо (смерчи) 4. Пылевые бури 5. Грозы, электрические явления в атмосфере
		<b>Стратосфера</b>	«Озоновые дыры»
		<b>Космос</b>	Падение небесных тел (метеоритов, астероидов, комет).
		<b>Биосфера</b>	1. Резкое увеличение популяции насекомых (саранча, термиты и другие). 2. Пандемии, эпидемии (резкое увеличение количества патогенных микроорганизмов). 3. Косвенные геоэкологические последствия: падение урожайности и др.
II	Социальные катастрофы	<b>Ноосфера</b>	1. Войны 2. Революции (перевороты)
III	Антропогенные	<b>Биосфера</b>	1. Экологические 2. Засуха 3. Пожары
		<b>Ноосфера</b>	Техногенные

ком регионах и представляют особый интерес [12, 22, 29].

Происшедшими в последнее время значительными событиями в литосфере были изученные нами Симуширские землетрясения 2006–2007 гг., сопровождаемые серией сейсмических событий (рис. 2) [16, 17, 22, 23] и извержение вулкана Пик Сарычева в 2009 г. [19].

Согласно геодинамической модели сейсмовулканических процессов (рис. 3) [19], подготовка извержения вул. Пик Сарычев в 2009 г. связана с субдукцией Тихоокеанской плиты, трением контактирующих блоков, плавлением пород, последующим подъемом расплавленного вещества, флюидов и газов в зону магмообразования и магматического очага.

В результате катастрофического Симуширского землетрясения 2006 г. и последующих сейсмических событий возникли и обновились разрывы, трещины, разломы, по которым произошел подъем флюидов (рис. 4). При значительном уровне сдвиговых деформаций, возникших вследствие землетрясений, реакция дегидратации могла осуществляться взрывным путем, и в поровое пространство мгновенно впрыскивались флюиды. При этом мы опираемся на развиваемые в работах Ю.Л. Ребецкого и др. [36–40] представления на процес-

сы в коре, способствующие подготовке сильных землетрясений. Кроме того, толчком к извержению могли послужить также вулканические газы и флюиды, согласно представлениям, изложенным нами в работе [23].

Рассматривая земную кору, заметим, что в ее приповерхностной части выделено еще ряд видов катастроф. Это такие явления, как обвалы, горные удары, карст, оползни, осыпи, сели (лахары), лавины и турбидитные потоки.

Говоря кратко о других природных катастрофах, отметим, что они также есть в гидросфере, где выделяются четыре вида. К ним относятся: цунами [31], штормовые нагоны, наводнения, паводки [28]. Также они имеют место в атмосфере, где имеют место пять видов катастроф: тропические циклоны, ураганы (тайфуны), торнадо (смерчи), пылевые бури, грозы, электрические явления в атмосфере [28]. Кроме того, известны также катастрофы, связанные со стратосферой, космосом и биосферой [14]. Однако рассмотрение этих видов катастроф выходит за рамки настоящей статьи.

Важным при рассмотрении природных катастроф было оценить периодичность, продолжительность, случайность (или закономерность) и бифуркацию в литосфере.

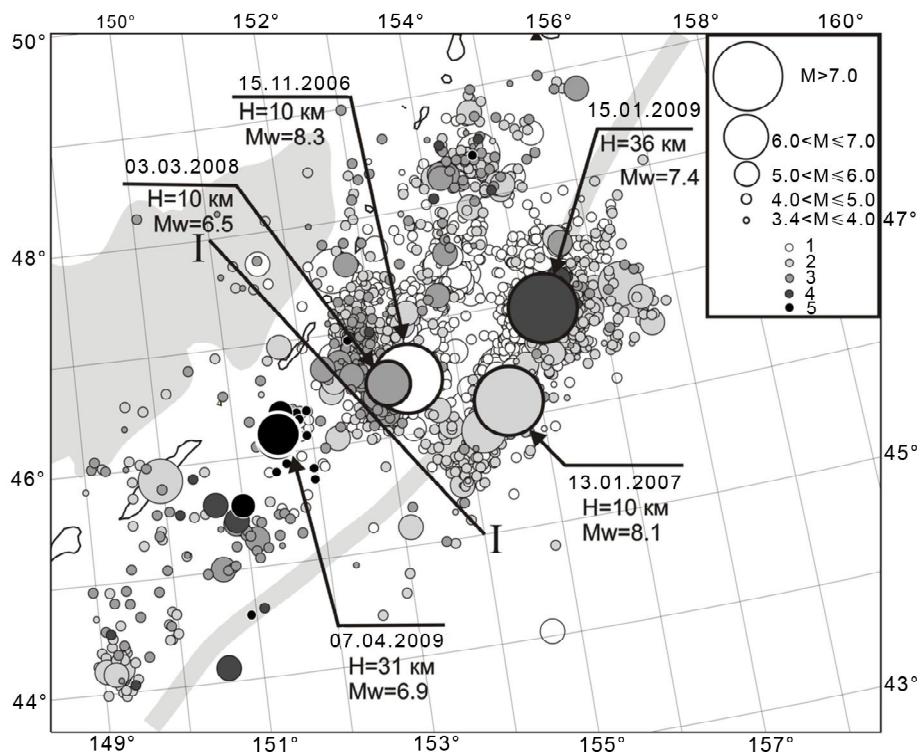
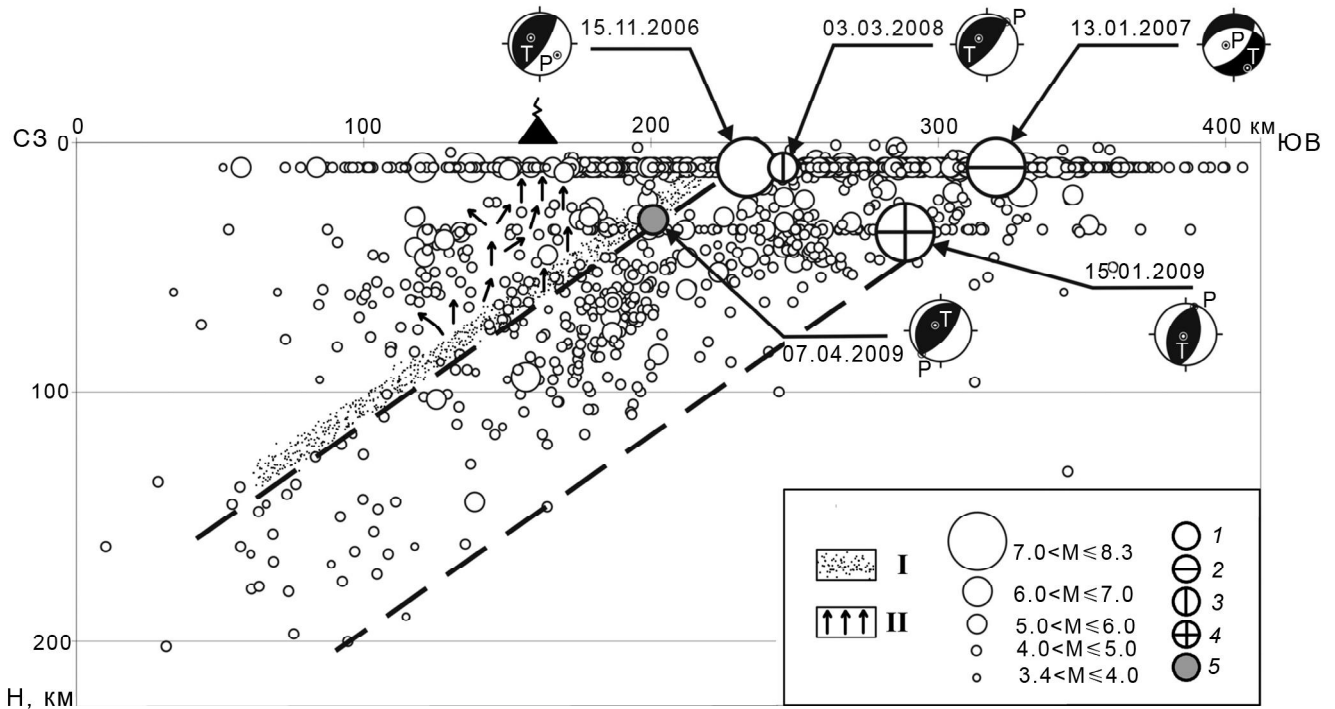


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений 2006–2009 гг. на Средних Курилах. На врезке – землетрясения: 1 – 15.11.2006 г., 2 – 13.01.2007 г., 3 – 03.03.2008 г., 4 – 15.01.2009 г., 5 – 07.04.2009 г. и значения магнитуд.



**Рис. 3.** Глубинный разрез через Средние Курилы, показывающий гипоцентр землетрясений 15.11.2006 г., 13.01.2007 г., 03.03.2008 г., 15.01.2009 г. и 07.04.2009 г., их афтершоков и сейсмодислокации вкрест простирания Курильской островной дуги.

1, 3 – пологий надвиг; 2 – сброс; 4, 5 – взбросы. I – область плавления; II – поток тепла и легкоподвижных компонент (флюидов). Черным треугольником в районе 160 км профиля показано положение Большой Курильской вулканической гряды.

### ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОВ

Процессы, приводящие к катастрофе, могут иметь различную *длительность*. Их диапазон по длительности чрезвычайно широкий, и они существенно различаются по этому параметру. Так, например, столкновение с метеоритом, считая от времени вхождения его в атмосферу до соприкосновения с поверхностью Земли, может длиться несколько секунд.

Аналогично длительность землетрясения (главного толчка), при котором имеет место разрыв сплошности среды, образование трещины в Земле или разлома, сопровождаемых сильными колебаниями, может длиться около десятков секунд. Например, при Нефтегорском землетрясении 27 мая 1995 г. на северном Сахалине разрыв длился 13.5 с. При этом протяженность разлома (правого сдвига) на поверхности составила 37 км, в недрах протяженность сейсморазрыва составила около 80 км, скорость вспарывания пород в недрах составила 4.0 км/с, и выделилось сейсмической энергии около  $2.8 \cdot 10^{22}$  эрг [25].

Непосредственно главный толчок длился около секунды, но последующие толчки (афтершоки) про-

должаются месяцы и годы. Процесс же подготовки землетрясения длится, зачастую, годы. На Курилах между сильными и катастрофическими землетрясениями в одной и той же области (например, на Южных Курилах) происходит, как правило, несколько лет (от 1.5 до 5–8 лет). В целом длительность цикла между Курильскими землетрясениями С.А. Федотов оценил в 125 лет [51].

О других природных катастрофах можно сказать следующее. Например, период подготовки такого явления, как наводнение, составляет месяцы, недели. Более того, его длительность (период выпадения ураганного количества осадков месячной или многомесячной нормы) может составить считанные часы. Естественно, такая скорость подъема воды приводит к катастрофе.

Снежные лавины происходят также внезапно и в считанные минуты, а процесс подготовки их длится неделями и месяцами. Нарастание критического состояния снежного покрова уже значительно медленнее и может оцениваться специалистами, хотя оно длится сутки или недели, но время отрыва лавины практически непредсказуемо [20].



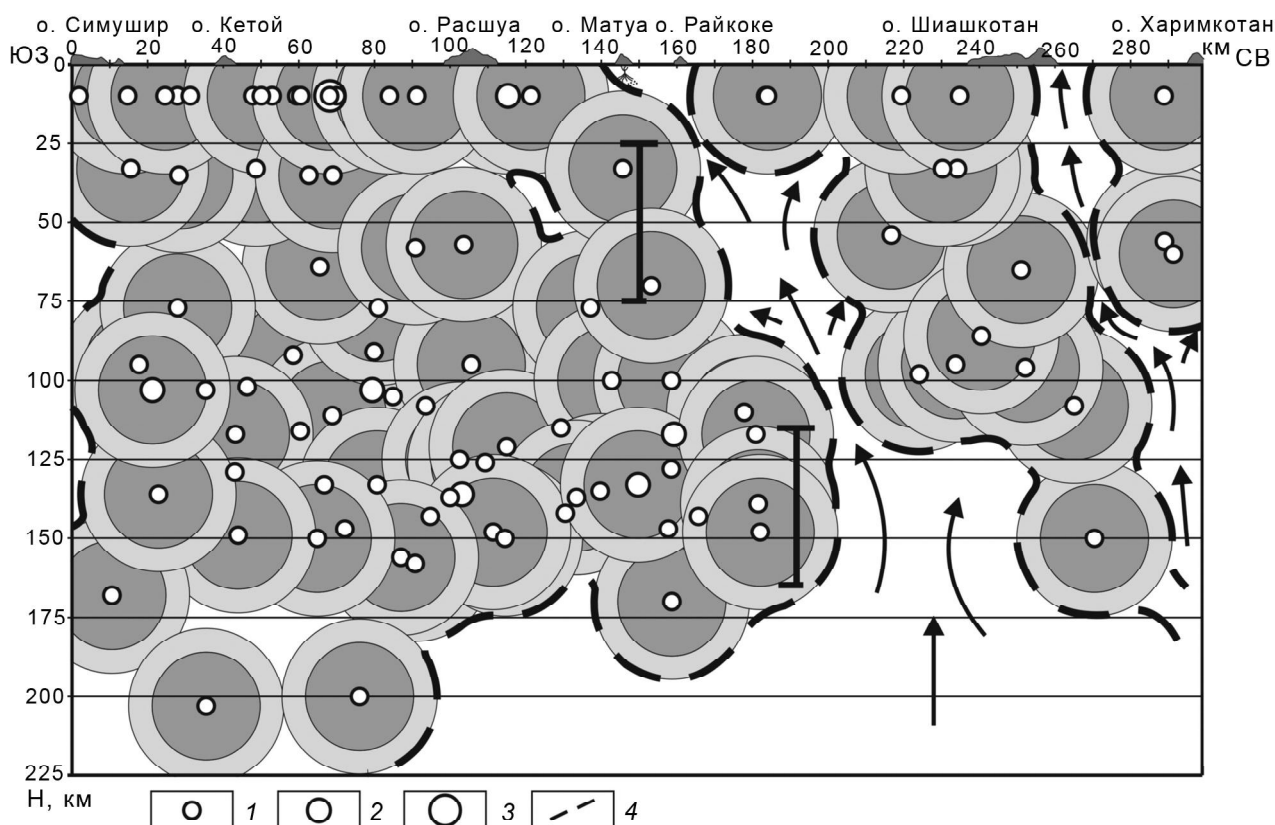


Рис. 4. Глубинный разрез размещения гипоцентров землетрясений на Средних Курилах

1–3 – гипоцентры землетрясений с магнитудой  $4 \leq M < 5$  (1);  $5 \leq M < 6$  (2);  $M > 6$  (3); 4 – линия контура областей отсутствия землетрясений. Стрелками показано движение флюидов и теплового потока. Тонированные концентрические области вокруг гипоцентров – зоны возможной ошибки определения.

Процесс подготовки первого этапа цунами может длиться годами. Второй же этап, когда цунамигенное землетрясение уже произошло, зафиксировано и можно подавать тревогу цунами, длится от нескольких до десятков минут.

В то же время, период подготовки многих быстрых катастроф, таких как землетрясения, может длиться от 5–10 до сотни и более лет, а извержений вулканов – сотни тысяч и миллионы лет.

Большая длительность подготовки и у многих других катастроф: таяние ледников, подъем уровня океана в результате длительного повышения температуры, инверсия магнитных полюсов, связанная с медленным изменением магнитного поля и т. д.

#### СЛУЧАЙНОСТЬ ИЛИ ЗАКОНОМЕРНОСТЬ (ПЕРИОДИЧНОСТЬ) КАТАСТРОФ

Периодичность, цикличность и закономерность геодинамических процессов и связанных с ними природных катастроф имеют различную природу. Един-

ственным перспективным направлением объяснения планетарной цикличности тектонических явлений, как считает В.Е. Хаин, является объяснение ее влиянием астрономических факторов, связанных с вращением Земли и ее движением в мировом пространстве [48].

Естественно, в природе известно много периодических явлений. В частности, хорошо известны 11-летние солнечные циклы, циклы Вильсона, Бертрана и Штилле, длящиеся сотни миллионов лет, до годовых и сезонных циклов [9, 48]. Хорошо выявлена цикличность в осадконакоплении (циклы седиментации). На цикличности основаны многие предвестники землетрясений, выделены циклы в афтершоках сильных землетрясений и т. д. [4, 12].

Среди природных явлений цикличность проявляется широко. В первую очередь целесообразно рассмотреть цикличность в геологических процессах, ее тектонические и геодинамические аспекты. Многочисленные проявления цикличности имеются в геофизических процессах. Прежде всего, конеч-



но, можно назвать известные циклы, выделенные М. Бертрамом. После смены парадигмы в тектонике место циклов Бертрама заняли циклы Вильсона. Длительность циклов несколько различается. М.А. Гончаров [9] определил длительность циклов Вильсона в 650 млн лет и 175–200 млн лет для циклов Бертрама.

Хорошо известны циклы Штилле продолжительностью около 30 млн лет, фазы (циклы) которых завершаются прекращением дальнейших, интенсивных деформаций сжатия и процессов регионального метаморфизма. Это представляет интерес для геофизиков (сейсмологов), в том числе для всех, кто занимается изменениями полей упругих деформаций и напряжений во времени. Можно говорить о наличии цикличности меньшего порядка в наблюдаемых изменениях полей упругих напряжений афтершоков при подготовке катастрофических землетрясений, описанных Т.К. Злобиным [12]. Отметим, что в сейсмическом процессе (в форшоковой и афтершоковой активизации) также выявляется закономерность [4].

Таким образом, в истории Земли выявляются определенные закономерности и циклы, с которыми могут быть связаны природные катастрофы. Они могут иметь место и на меньших уровнях в процессах меньшей длительности. Выявил периодичность в землетрясениях Курило-Камчатской зоны С.А. Федотов (1968, 1980), а также И.Н. Тихонов (1997) и др. Цикличность и закономерность сейсмических процессов была рассмотрена Т.К. Злобиным [20].

Несомненно существование периодичности ряда природных явлений и процессов, которые проявляются, в том числе, и среди катастрофических явлений.

### БИФУРКАЦИЯ

Бифуркация – появление двух или более равновесных состояний при одних и тех же значениях параметров [5]. Такое поведение оказывается возможным для нелинейной системы [35], которая является предпосылкой для возникновения самоорганизации (синергетики) [5, 32].

Примеры проявления бифуркации можем привести из сейсмологии. Например, по всем признакам, должно было произойти землетрясение, но процесс как бы затухает. Процесс подготовки шел, и разрядка напряжения была, но вместо тектонического разрыва и землетрясения произошел крип. Таким образом, произошла медленная разрядка. Напряжения, накопились, но не разразились мгновенными тектоническими движениями, значит в процессе подготовки имело место бифуркация, раздвоение, и процесс реализовался иным путем – через крип.

Естественно, несопоставимо сложнее происходит, например, с геологическими процессами, которые происходят миллионы лет, а исходная точка начала процесса и бифуркации отстоит далеко от конечного момента его реализации.

### ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ОСНОВНЫХ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ

Их изучение и рассмотрение энергетических характеристик также представляет большой интерес при изложении геодинамических процессов. Важна роль энергообменных процессов в геодинамике и катастрофических процессах, о которых речь идет ниже.

Рассматривая энергетику тектонических процессов в земной коре, которые могут определять энергетику катастрофических процессов на поверхности, следует, прежде всего, назвать такое явление, как нарушение минимума потенциальной гравитационной энергии земной коры и минимума потенциальной энергии упругих деформаций гравитационного напряженного состояния. Важнейшую роль также могут играть остаточные напряжения гравитационного напряженного состояния, освещенные в работах Ю.Л. Ребецкого [36–40] и др. Кроме того, в них рассмотрена дилатансия, поровое давление флюидов и новые данные о прочности горных массивов в естественном залегании, механизмы генерации тектонических напряжений в земной коре, которые связаны с глубинными движениями ее слоев и, соответственно, с геодинамикой литосферы.

Ниже назовем кратко источники энергии геодинамических процессов, а затем рассмотрим силу таких основных природных катастроф, как землетрясения, извержения вулканов, цунами, атмосферные вихри. Поскольку спектр источников энергии геодинамических процессов, способных привести к природной катастрофе, чрезвычайно широк (от космических явлений до процессов в глубинных недрах планеты и ее сферах, вплоть до движений воздушных масс в атмосфере), рассмотрим основные факторы.

Прежде всего, это массообменные и энергообменные процессы эндогенной и экзогенной природы [2], космические (галактические) явления [6]. К последним относятся струйные потоки, падение метеоритов и астероидов и других небесных тел, взаимодействие и гравитационное влияние Солнца, Луны и других планет, процессы, связанные с планетой Земля (ротационные, гравитационной дифференциации и т. д.), процессы в недрах – конвекция, смещения

внутреннего ядра, радиоактивный распад, приливные воздействия Луны и др.[7].

Таким образом, известны мощнейшие источники энергии геодинамических процессов, причем мы не назвали энергию внутренних, глубинных процессов и процессов во внешних оболочках, которые приведем ниже. Рассмотрение количественной характеристики силы уместно при анализе оценки уровня природного явления. Например, при землетрясениях основными характеристиками их является сотрясаемость и магнитуда.

Могут быть определены некие пороговые значения, которые применяются при оценке вышеназванных явлений. Существует ряд количественных параметров и шкал, по которым их можно классифицировать. Анализируя энергию землетрясений, отметим, что основными сейсмическими параметрами землетрясений являются магнитуда  $M$ , сейсмический момент  $M_0$ , упругая энергия  $W$  очаговой области, начальное  $t_0$  и конечное  $t_1$  напряжение в очаге, величина сброшенного и среднего напряжения, размеры разрыва  $L$ .

Данные об энергии землетрясений и других природных процессах приведены в табл. 3 [20, 52]. Интерес для настоящей статьи представляет также энергия вулканических извержений. Для оценки извержений разработана шкала Тсуя [52]. Представление об энергии землетрясений и извержений вулканов дает их сопоставление с энергетическими характеристиками Земли.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований можно заключить следующее.

1. Предложена классификация геодинамических процессов, в которой рассмотрены их сферы проявления, ареалы, зоны, структуры, названы основные процессы и примененные концепции. По сферам проявления помимо рассмотрения Земли в целом, ее ядра и мантии, проанализированы процессы в литосфере, а также в земной коре. В рассматриваемом Охотоморском и Курило-Сахалинском регионе выделены основные структурные элементы и элементы более меньшего порядка, такие как разломы, основные из которых приведены. Также к ним относятся градиентные зоны, террейны, блоки, слои. В осадочном чехле коры здесь выделяются бассейны, прогибы, рифты, поднятия, купола, валы, разломы, складчатые системы и локальные структуры. В рассматриваемом регионе названы примеры бассейнов, прогибов, поднятий.

**Таблица 3. Энергетические характеристики природных процессов.**

Землетрясения ( $M = 4.0 \div 8.5$ )	$6.3 \cdot 10^{10} \div 3.6 \cdot 10^{17}$ Дж
Вулканические извержения	$10^{15} \div 10^{18}$ Дж
Смерчи, торнадо, ураганы и т. п.	$10^7 \div 10^{17}$ Дж
Обрушения склонов, лавины	$10^6 \div 10^{10}$ Дж
Обрушения при карстообразовании	$10^8 \div 10^{10}$ Дж
Средняя мощность циклонических процессов в атмосфере	$10^9$ Вт

2. Дана классификация природных катастроф, при этом отмечено, что в литосфере это, прежде всего землетрясения и извержения вулканов, которые имеют наибольшее значение в Курило-Сахалинском регионе.

3. Рассмотрены проявления в литосфере вышеназванного региона современной сейсмичности и извержений вулканов, выразившиеся в последних катастрофических Симуширских землетрясениях 2006 и 2007 гг. и извержениях вулкана Пик Сарычева в 2009 г.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авсюк Ю.Н., Суворов И.И. Фактическое обоснование цикличности и хода приливной эволюции системы Земля–Луна–Солнце // Фундаментальные проблемы геотектоники: Материалы XL Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2007. Т. 1. С. 3–6.
2. Адушкин В.В., Спивак А.А., Щукин Ю.К. Динамические процессы в системе внутренних и внешних взаимодействующих геосфер // Сб. науч. трудов ИТГ РАН / Под ред. акад. РАН В.В. Адушкина. М.: ГЕОС, 2005. 266 с.
3. Анфилогов В.Н., Хачай Ю.В. Мантийные плюмы: уровень генерации и механизм передачи энергии к поверхности Земли // Фундаментальные проблемы геотектоники: Материалы XL Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2007. Т. 1. С. 18–20.
4. Арефьев С.С. Эпицентральные сейсмологические исследования. М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. 375 с.
5. Арнольд В.И. Теория катастроф (Синергетика: от прошлого к будущему). М.: Едиториал УРСС, 2004. 128 с.
6. Баренбаум А.А. Галактика, Солнечная система, Земля: Соподчиненные процессы и эволюция. М.: ГЕОС, 2002. 394 с.
7. Баренбаум А.А. Вклад галактических воздействий в энергетическую тектогенеза // Фундаментальные проблемы геотектоники: Материалы XL Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2007. Т. 1. С. 51–55.
8. Баркин Ю.В. Механизм тектонической активности Земли: глубинная геодинамика, ее современные проявления // Фундаментальные проблемы геотектоники: Материалы XL Тектонического совещания. М.: ГЕОС, 2007. Т. 1. С. 59–62.
9. Гончаров М.А., Талицкий В.Г., Фролова Н.С. Введение в

- тектонофизику: Учеб. пособие / Отв.ред. Н.В. Короновский. М.: КДУ, 2005. 496 с.
10. Гранник В.М. Геология и геодинамика южной части Охотоморского региона в мезозое и кайнозое. Владивосток: Дальнаука, 2008. 297 с.
  11. Злобин Т.К. Строение земной коры и верхней мантии Курильской островной дуги (по сейсмическим данным). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1987. 150 с.
  12. Злобин Т.К., Бобков А.О. Современная сейсмичность и разломная тектоника юга Сахалина. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2003. 124 с.
  13. Злобин Т.К. Динамика сейсмического процесса и строение очаговых зон сильных землетрясений Сахалина и Курил. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2005. 141 с.
  14. Злобин Т.К. Природные катастрофы в литосфере Сахалино-Курильского региона и меры безопасности: Учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2006. 132 с.
  15. Злобин Т.К. Глубинная геодинамика и строение Земли: Учеб. пособие. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2008. 124 с.
  16. Злобин Т.К., Полец А.Ю. Очаговые зоны катастрофических Симуширских землетрясений 15 ноября 2006 г. ( $M_w = 8.3$ ) и 13 января 2007 г. ( $M_w = 8.1$ ) и глубинное строение земной коры Средних Курил // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 5. С. 54–63.
  17. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. О возможности реконструкции реальной динамики земной коры (на примере южных районов Сахалина и Курильских островов) // Докл. РАН. 2009. Т. 427, № 6. С. 829–832.
  18. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. Серия сильных и катастрофических Симуширских землетрясений 2006–2009 годов: основные особенности и сейсмоструктура очаговых зон // Докл. РАН. 2009. Т. 428, № 4. С. 531–535.
  19. Злобин Т.К., Полец А.Ю. Извержение вулкана Пик Сарычева 1-16 июня 2009 года на о-ве Матуа, сильные Симуширские землетрясения 2006-2009 года на Средних Курилах – их возможная связь и модель сейсмоструктурных процессов // Докл. РАН. 2010. Т. 435, № 2. С. 249–254.
  20. Злобин Т.К. Геодинамические процессы и природные катастрофы. Южно-Сахалинск: СахГУ, 2010. 228 с.
  21. Злобин Т.К., Полец А.Ю. Исследования закономерностей распределения тектонических напряжений в Курило-Камчатской зоне // Геодинамика и тектонофизика. 2010. № 1. С. 36–54.
  22. Злобин Т.К., Полец А.Ю., Поплавская Л.Н., Сафонов Д.А. Особенности современной глубинной сейсмоструктуры литосферы южных Курил (в районе о-ва Итуруп) по механизмам очагов землетрясений // Вестн. ДВО РАН. 2011. С. 35–40.
  23. Злобин Т.К., Полец А.Ю. Связь геодинамических процессов, тектонических напряжений, сильных землетрясений 2006–2009 г.г. на Средних Курилах с извержением вулкана Пик Сарычева // Геодинамика и тектонофизика. 2011. № 2. С. 161–174.
  24. Злобин Т.К., Поплавская Л.Н., Полец А.Ю. Глубинное строение и сейсмоструктура южной части Охотоморского региона (по профилю Южный Сахалин – Южные Курилы) // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 2. С. 46–58.
  25. Информационно-аналитический бюллетень. Нефтегорское землетрясение 27(28).05.1995 г. М.: МЧС. ОИФЗ РАН, 1995. 236 с.
  26. Короновский Н.В., Ломидзе М.Г. Концепция глубинных разломов и тектоника плит // Фундаментальные проблемы общей тектоники / Под. ред. акад. Ю.М. Пушаровского. М.: Науч. мир, 2001. С. 344–373.
  27. Косминская И.П., Зверев С.М., Вейцман П.С. и др. Основные черты строения земной коры Охотского моря и Курило-Камчатской зоны Тихого океана по данным ГСЗ // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. 1963. № 1. С. 20–41.
  28. Кукал З. Природные катастрофы. М.: Знание, 1985. 240 с.
  29. Курильские острова (природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика) / Под ред. Т.К. Злобина, М.С. Высокова. Южно-Сахалинск: Сахалин. кн. изд-во, 2004. 227 с.
  30. Левин Б.В. Роль движений внутреннего ядра Земли в тектонических процессах // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Науч. мир, 2001. С. 444–460.
  31. Левин Б.В., Носов М.А. Физика цунами и родственные явления в океане. М.: Янус-К, 2005. 360 с.
  32. Летников Ф.А. Синергетика геологических систем. Новосибирск: Наука, 1992. 228 с.
  33. Новая глобальная тектоника (тектоника плит): Сб. статей / Под ред. Л.П. Зоненшайна, А.А. Ковалева. М.: Мир, 1974. 471 с.
  34. Объяснительная записка к тектонической карте Охотоморского региона 1 : 2 500 000. М.: ИЛОВМ РАН, 2000. 193 с.
  35. Пушаровский Ю.М. Нелинейная геодинамика. М.: Наука, 1994. 150 с.
  36. Ребецкий Ю.Л. Методы реконструкции тектонических напряжений и сейсмоструктурных деформаций на основе современной теории пластичности // Докл. РАН. 1999. Т. 365, № 3. С. 392–395.
  37. Ребецкий Ю.Л. Дилатансия, поровое давление флюида и новые данные о прочности горных массивов в естественном залегании // Флюид и геодинамика. М.: Наука, 2006. С. 120–146.
  38. Ребецкий Ю.Л. Механизм генерации тектонических напряжений в областях больших вертикальных движений землетрясений // Физ. мезомеханика. 2008. Т. 1, № 11. С. 66–73.
  39. Ребецкий Ю.Л. О возможном механизме генерации в земной коре горизонтальных сжимающих напряжений // Докл. РАН. 2008. Т. 423, № 4. С. 538–542.
  40. Ребецкий Ю.Л. Оценка величин напряжений в методе тактастического анализа разрывов // Докл. РАН. 2009. Т. 428, № 3. С. 397–402.
  41. Садовский М.А. О значении и смысле дискретности в геофизике // Дискретные свойства геофизической среды. М.: Наука, 1989. С. 3–14.
  42. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Дискретные иерархические модели геофизической среды // Комплексные исследования по физике Земли: ИФЗ – 60 лет. М.: Наука, 1989. С. 9–26.
  43. Спунгин В.Г., Зыков Д.С. Иерархия разрывных нарушений и золотое сечение // Активные геологические и геофизические процессы в литосфере. Методы, средства и результаты изучения: Материалы XII междунар. конф. 18–23 сентября 2006 г.: в 2 т. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2006. Т. 2. С. 175–178.
  44. Стрельцов М.И., Рождественский В.С. Активные разломы Курило-Охотского региона, Сахалина, Приморья и

- Приамурья // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 2–3. М.: ОИФЗ РАН, 1995. С. 387–407.
45. Структура и динамика литосферы и астеносферы Охотоморского региона / В.В. Харахинов, И.К. Туезов, В.А. Бабошина В др.. М.: Нац. геофиз. ком. РАН, 1996. 337 с.
46. Тараканов Р.З. Строение фокальной зоны Курило-Камчатской островной дуги // Земная кора островных дуг и дальневосточных морей. Верхняя мантия. М.: Наука, 1972. № 9. С. 215–234.
47. Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря: к 60-летию основания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН / О.В. Веселов, Е.В. Грецкая, А.Я. Ильев и др.; отв. ред. К.Ф. Сергеев ; Ин-т мор. геологии и геофизики ДВО РАН. М.: Наука, 2006. 130 с.
48. Хаин В.Е. Крупномасштабная цикличность, ее возможные причины и общая направленность тектонической истории Земли // Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Науч. мир, 2001. С. 403–424.
49. Хаин В.Е., Короновский Н.В. Основные проблемы современной геологии. М.: Науч. мир, 2003. 346 с.
50. Хаин В.Е., Короновский Н.В. Планета Земля от ядра до ионосферы. М.: КДУ, 2007. 244 с.
51. Федотов С.А. О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 121–150.
52. Шейдеггер А.Е. Физические аспекты природных катастроф. М.: Недра, 1981. 232 с.

*T.K. Zlobin, A.Yu. Polets*

### **Geodynamic processes and natural disasters: classification, manifestation in the lithosphere of the Kuril-Sakhalin Region**

The paper considers geodynamic processes and natural disasters which were classified on their manifestation on the Earth as a whole, in its solid mantle and in the lithosphere of the Kuril-Sakhalin region. A possible link between two major types of disasters - earthquakes and volcanic eruptions – is discussed. In addition, an accident or regularity (periodicity) of natural disasters, duration of the processes and their bifurcation were considered. Energy sources of geodynamic processes and the main natural disasters were presented.

**Key words:** geodynamic processes, natural disasters, the Earth's crust and upper mantle, earthquakes, volcanoes, Kuril Islands, Sakhalin.