УДК 551.248(571.56)

В.С.ИМАЕВ

Якутский государственный университет им. М.К.Аммосова

КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И СЕЙСМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНОГО ОТРЕЗКА ГРАНИЦЫ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ЕВРАЗИИ И ВОЗМОЖНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

На примере изучения активных разломов студенты и аспиранты геологических и геофизических специальностей смогут ознакомиться с методами изучения разрывов, узнать закономерности развития «живых» разломов, освоить методические приемы и тот фактический материал, который используется в современной геологической науке для различных практических целей – сейсмического районирования, контроля месторождений и т.д.

Studying active faults students and post-graduates of geological and geophysical specialities will familarize themselves with the methods of faults investigation, regularities in the development of «active» faults, the techniques and factual material used in modern geological science for different purposes such as seismic zoning, control of various mineral deposits.

Акваторию Северного Ледовитого океана в направлении дельты Лены и континентальную часть Северо-Востока Азии пересекает полоса эпицентров землетрясений, пространственно приуроченная к тектоническим структурам границы крупнейших на Земле литосферных плит: Североамериканской и Евразиатской [1]. Свидетельством активных процессов на границе этих плит является возникновение здесь свыше 2000 землетрясений, зарегистрированных региональной и мировыми сетями сейсмических станций (рис.1). К их числу относятся и пять крупнейших Булунских сейсмических катастроф 1927-1928 гг. с $M \geq 6{,}8$, по своей интенсивности превосходящих крупные землетрясения в Японии (Кобэ с $M \geq 6{,}6$) и на о. Сахалин (Нефтегорск с $M \geq 6{,}8$). Район дельты Лены и губы Буор-Хая моря Лаптевых, вблизи которых находится полюс вращения Евразиатских и Североамериканских плит является уникальным геологическим объектом, где происходит смена полей тектонических напряжений (растяжения на сжатие) и наблюдаются ранние стадии эволюционного развития рифтовых процессов.

Территория исследований настоящего проекта затрагивает побережье моря Лаптевых, где отмечены высокий уровень сейсмичности, утонение коры, пониженные скорости сейсмических волн, развитие листрических сбросов, что характеризует эту территорию как зону продолжения срединно-океанического хребта Гаккеля на континент. Вместе с тем геодинамика границы Евразиатской и Североамериканской литосферных плит до сих пор плохо изучена. В связи с чем главными целями данного проекта являлись изучение неотектоники, картирование активных разломов, анализ сопутствующей трещиноватости горных пород с целью реконструкции полей тектонических напряжений, установление связи тектонических и сейсмических процессов.

При выделении зон активизированных разломов и установлении их кинематики особое внимание уделялось морфотектоническим методам, основанным на использовании космических снимков, топографических и геологических карт различных масштабов. Специфическим преимуществом этих методов является изучение рельефа, благодаря их обзорности и предельной кар-

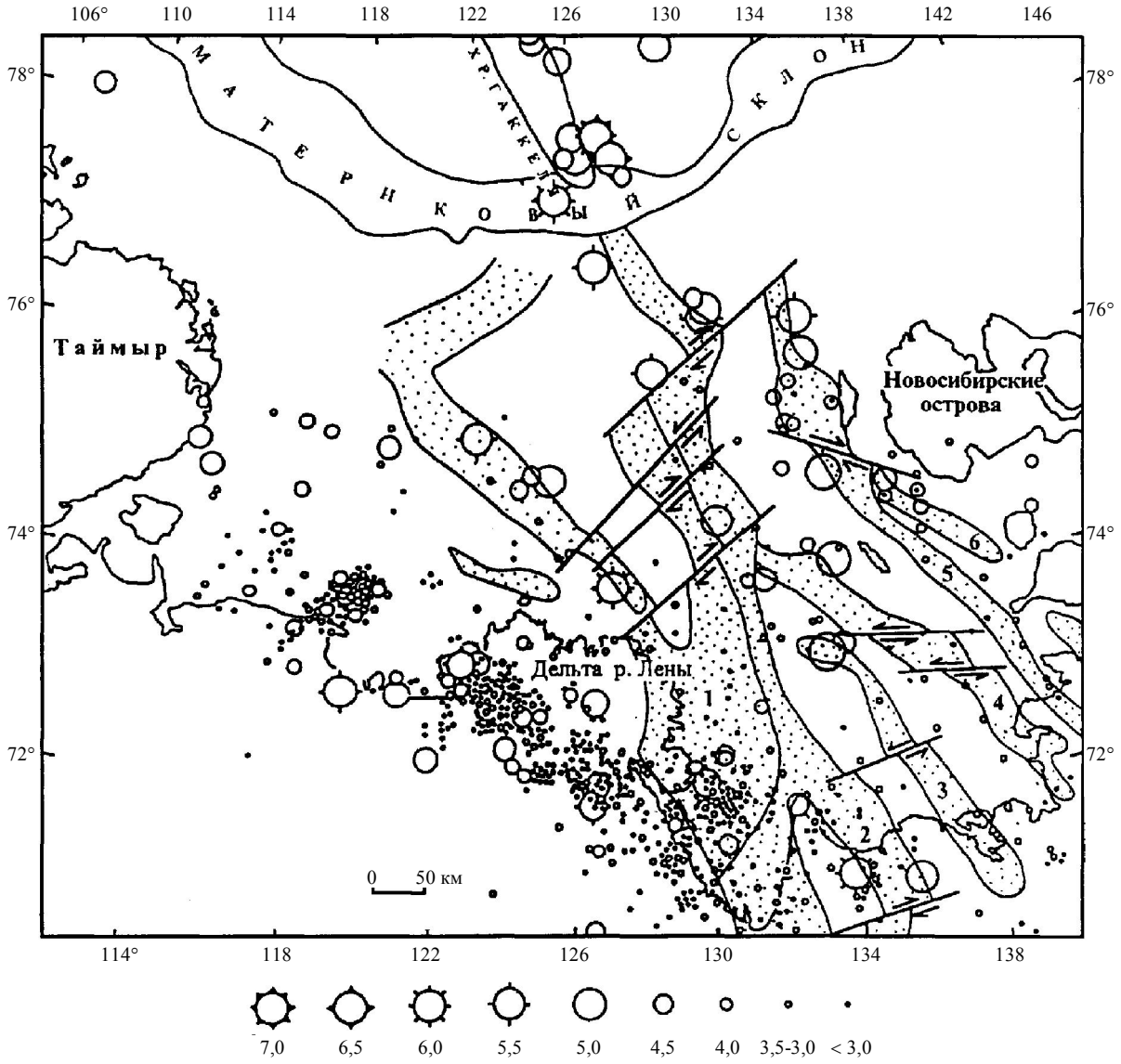


Рис.1. Схема сейсмотектоники шельфа моря Лаптевых. Кружками разных диаметров обозначены эпицентры землетрясений с различной магнитудой *M*. Прямые линии соответствуют активным сдвигам. Крапом обозначены грабены на дне моря Лаптевых

1 – Усть-Ленский; 2 – Усть-Янский; 3 – Чондонский; 4 – Широстонский; 5 – Бельковско-Святоносский; 6 – Ляховский

тографической объективности. С позиций морфотектоники, рельеф представляет собой модель, отражающую явления разных глубинных ярусов и рассматривается как своеобразный индикатор, структурно-динамический слой, отражающий характер взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов и фиксирующий весь комплекс типов тектонических движений, происходящих в пределах земной коры [2].

Процесс изучения разрывных нарушений включает ряд специфических операций: их выявление, определение морфологических, метрических и генетических характеристик. Отображение разрывов на снимках и картах отличается многообразием и зависит как от характера разрывных деформаций (генезиса, морфологии, размера), так и от условий космической съемки (фокусное расстояние, масштаб). По крупномасштабным топографическим картам и космическим снимкам проводилось детальное дешифрирование разрывов. Вначале изучались локальные нарушения либо элементы круп-

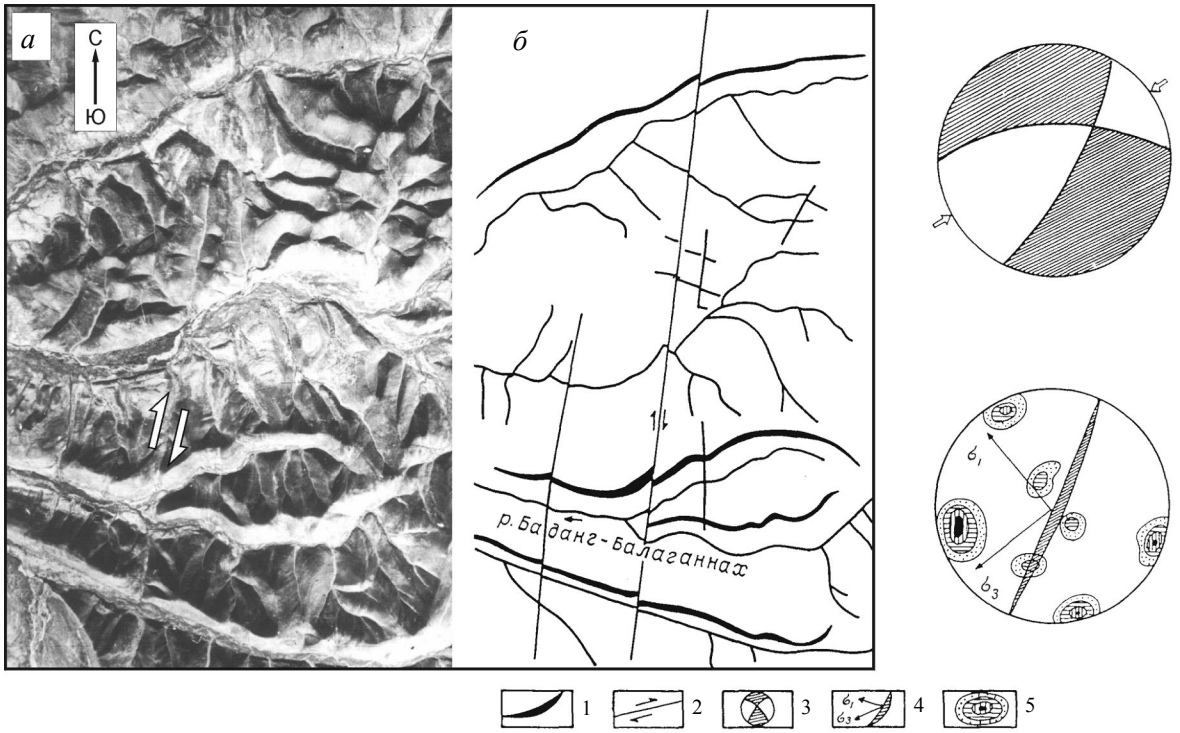


Рис.2. Сейсмогенный разлом, подновившийся во время Булунского землетрясения 14 ноября 1927 г.: *а* – аэрофотоснимок (стрелками показана плоскость разлома); *б* – фрагмент его дешифрирования

1 – осевые части водоразделов; 2 – разломы сдвиговой кинематики; 3 – фокальный механизм землетрясения (черные области – область действия напряжений растяжения, белый – сжатия); 4 – плоскость активного по геологическим данным разлома и ориентировка векторов осей сжатия и растяжения; 5 – изолинии плотности трещин в круговых диаграммах трещиноватости горных пород

ных разрывных структур и устанавливалась их структурно-тектоническая зональность. Затем они увязывались воедино, что позволило провести линии региональных и генеральных разломов. На кинематический тип активных разломов, ограничивающих морфоструктуры, непосредственно указывает морфология неотектонических блоков.

Морфологические признаки дешифрирования рельефа сопровождались структурно-геологическими исследованиями (наблюдениями за трещиноватостью горных пород, слоистостью, малыми структурными формами и т.д.).

Проявление крупного сейсмического события представляет самый надежный материал для оценки ожидаемой сейсмической опасности, ибо катастрофические (с $M \geq 6{,}5$) землетрясения оставляют тектонические деформации на земной поверхности – сейсмодислокации. В ходе детальных работ в районе исследования выделены аномальные формы рельефа, связанные с современными движениями по плоскостям активных разломов. Наиболее ярким примером может служить Хараулахская система сейсмодислокаций, обнаруженная в районе крупнейших Булунских землетрясений (рис.2).

В последние годы в работах зарубежных сейсмогеологов появились примеры изучения не только поверхностных форм сейсмодислокаций, но восстановления периодичности импульсного смещения по разломам (в результате нескольких землетрясений), которые могут происходить по одним и тем же плоскостям разломов, с определенным временным перерывом. Модифицированный метод изучения сейсмодислокаций позволяет проанализировать время заложения и дальнейшего развития сейсмодислокаций [3].

Выявленные геолого-геофизические признаки активности Хараулахского района позволяют прогнозировать здесь постоянно

высокую степень сейсмической опасности. Район расположен вблизи полюса вращения плит на территории, где возможны частое изменение структуры полей тектонических напряжений, быстрая смена геодинамического режима и перемещение полюса вращения плит. Особенностью района является и то, что здесь расположен Верхоянский минимум поля силы тяжести, отмечено пять катастрофических Булунских землетрясений 1927-1928 гг. с $M \geq 6{,}8$ и возникла система самых значительных на северо-востоке Азии дислокаций.

Анализ напряженного состояния земной коры Лаптевоморско-Хараулахской зоны указывает на существование уникальной области, в пределах которой сочленяются срединно-океанические и континентальные структуры земной коры и действуют тектонические усилия различной ориентации, свидетельствующие о смене полей напряжений растяжения (хребет Гаккеля и шельф моря Лаптевых) на сжатие (хребет Черского). На земном шаре имеется лишь несколько областей, связывающих океанические и континентальные структуры. К ним, например, относятся район Афарского рифта (Восточная Африка), структуры которого взаимосвязаны со структурами срединно-океанического хребта в Индийском океане, и район Северной Калифорнии, где северный конец Восточно-Тихоокеанского поднятия через разлом Сан-Андреас соединяется с системой срединно-океанических хребтов Горда, Хуан де Фука и Эксплорер в Тихом океане.

Серия специализированных карт, полученных в ходе исследований, может найти применение в работе разных государственных организаций. Данные инструментальных наблюдений могут использоваться при экологическом и инженерно-геологическом мониторинге, оперативном обмене данных о сильных землетрясениях в целях международного сотрудничества. Полученные материалы используются при проведении лекций и практических занятий по курсам «Геотектоника» и «Основы сейсмотектоники».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Имаев В.С.* Сейсмотектоника Якутии / В.С.Имаев, Л.П.Имаева, Б.М.Козьмин. М.: ГЕОС, 2000. 226 с.

2. *Леви К.Г.* Неотектонические движения в сейсмоактивных зонах литосферы (тектонофизический анализ). Новосибирск: Наука, 1991. 164 с.

3. *Yeats R.S.* The geology of earthquakes / R.S.Yeats, K.Sieh, C.R.Allen; Oxford University Press. New-York, 1997. 568 p.