ВУЛКАНОЛОГИЯ И СЕЙСМОЛОГИЯ, 2006, № 5, с. 71–80

УДК [550.348.435:551.248.2](571.62)

ГОЛОЦЕНОВЫЕ СЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ В СТРУКТУРЕ ХАБАРОВСКО-ХЕХЦИРСКОЙ СИСТЕМЫ НОВЕЙШИХ ИНВЕРСИОННЫХ ПОДНЯТИЙ – ПРОЯВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ И ВОЛНОВОГО ХАРАКТЕРА СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

© 2006 г. А. А. Коковкин

Институт тектоники и геофизики ДВО РАН Хабаровск, 680000

Поступила в редакцию 27.09.2004 г.

Приведены результаты сейсмотектонических исследований территории г. Хабаровска, проводившихся в 2003–2004 гг. Выявлены ранее неизвестные здесь сейсмодислокации голоценового возраста. Особый интерес среди них представляют "бескорневые" дислокации (флексуры в сочетании с тектоническими швами), наложенные лишь на первые от поверхности осадочные слои голоцена. На севере городской территории в береговом уступе Амура, сложенном кремнистыми алевролитами мезозоя, выявлен "рой" более ранних (в том числе голоценовых) дислокаций сейсмогравитационного типа с субвертикальным смещением ступеней. Сделан вывод о достаточно высокой современной активности Хабаровско-Хехцирской системы поднятий, что может внести существенные коррективы в оценку сейсмической балльности территории Хабаровска и Среднего Приамурья в целом. "Бескорневой" облик основной части выявленных поверхностных дислокаций позволяют предположить, что они могут быть связаны с резонансным эффектом "бегущей" от эпицентра волны на границе раздела "земля-воздух", возникающими в условиях нелинейно развивающегося, волнового по природе сейсмического процесса.

ВВЕДЕНИЕ

Все процессы в открытой системе земной коры, протекающие по нелинейным законам, в цикличном, пульсационном, колебательном режиме, могут быть представлены как взаимосвязанная, иерархически организованная волновая совокупность. Для медленно эволюционирующей системы континентальной коры востока Азии выражением волнового характера ее формирования являются, в частности, синхронно развивающиеся, тесно взаимодействующие рифтогенные и орогенные системы, полярные по режиму внутреннего структурирования и своей конечной морфологии ([7], рис 1). Сейсмический процесс реализуется в открытой, медленно эволюционирующей системе континентальной коры геологически мгновенно, в сопровождении разнообразных по морфологии дислокаций. И потому именно в характере палеосейсмодислокаций, в особенностях их морфологии и распределения в геологических структурах отражены волновая природа и нелинейность этого процесса, его пространственно-временная периодика. Голоценовые дислокации по характеру и времени своего проявления отражают тектоническую и сейсмическую активность коры на наиболее позднем этапе ее эволюции. В первую очередь именно при их изучении формируется информация, обеспечивающая основу долговременного сейсмического прогноза.

На карте общего сейсмического районирования территории Российской Федерации (ОСР-97 [14]) все Среднее Приамурье вместе с рассматриваемыми здесь структурами представлено зоной длительного сейсмического "затишья". Но это спокойствие, учитывая близость геодинамически активной Тихоокеанской окраины Азии, выглядит весьма неустойчивым. В значительной мере оно может быть связано с дефицитом исходной сейсмотектонической информации. Об этом, в частности, говорит то, что до последнего времени по всему Среднему Приамурью имелись сведения лишь по шести палеосейсмодислокациям [10], не имеющим к тому же корректных возрастных датировок. На территории же г. Хабаровска данные по сейсмодислокациям отсутствовали полностью. Автором в 2003–2004 гг. на Хабаровско-Хехцирской системе поднятий, в прибрежной зоне Амура протяженностью около 50 км было проведено детальное изучение более 60 естественных и искусственных обнажений. При этом на 15 из них были выявлены дислокации голоценового возраста. По мнению автора, полученные результаты могут внести определенные коррективы в сложившиеся представления о характере современной геодинамической и сейсмической активности данной структуры и Среднего Приамурья в целом.

Исходная геологическая модель соответствует региональной эволюционной модели континентальной окраины Азии, разработанной автором для этапа позднего мезозоя – кайнозоя с использованием методов и подходов синергетики [6–8]. В соответствии с ней, континентальная кора формировалась здесь в ходе взаимодействия рифтогенных и орогенных процессов, сохраняя свое структурное единство и при этом системно наращиваясь к востоку. Для области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов это нашло отражение в соответствующей системности омоложения к востоку возраста целой совокупности геологических событий – гранитообразования в орогенных структурах, седиментогенеза, литификации осадков и нефтегазообразования в рифтогенах, эндогенного рудогенеза.

На территории Среднего-Нижнего Приамурья и Приморья особенности кайнозойской геодинамики и морфогенеза выразились в формировании структурной триады [6], состоящей из Амуро-Ханкайской рифтогенной системы в центре (точнее ее северного Саньцзян – Средне-Амурского фрагмента) и прилегающих к ней орогенных систем (Восточно-Буреинской на западе и Сихотэ-Алинской на востоке). Ответственными за характер внутреннего структурирования триады (и континентальной коры региона в целом), за ее пространственно-временную устойчивость являются глубинные разломы, развивающиеся в знакопеременном сдвиговом режиме, с цикличной сменой активности по системам субширотного, меридионального и северо-восточного направлений. Две первые из них принадлежат к более древней, активизированной в кайнозое системе разломов Центрально-Азиатского подвижного пояса, последняя – к молодой системе структур Тихоокеанского пояса.

Высказанные положения несколько отличаются от представлений других авторов, предусматривающих для данной территории преимущественно однонаправленный характер сдвиговых смещений и их, в основном, мезозойский возраст [15]. В то же время, близкий по характеру знакопеременный сдвиговый режим известен для отдельных рифтогенных структур других регионов – в частности, для рифтогенов юго-востока Азии [4] и Африки [17].

Структура рифтогена выполнена рыхлыми обводненными осадками угленосной аллювиальной формации кайнозоя. Состав и строение формации достаточно подробно охарактеризованы в публикациях В.Г. Варнавского [1]. Северный фрагмент рифтогена, представленный Средне-Амурской впадиной, отличает широкое развитие седиментационных ландшафтов, что свидетельствует о преобладании в нем раздвигового режима и на современном этапе его развития.

Для внутренней структуры рифтогена характерно мозаично-блоковое строение с многочисленными грабенообразными погружениями, разделенными разноамплитудными поднятиями. Сложенные в основном литифицированными породами докайнозойского фундамента, эти поднятия весьма контрастно выражены в современном рельефе, возвышаясь над плоской заболоченной поверхностью рифтогена на десятки – сотни метров (до 900 м на Хехцирском выступе). Как правило, они характеризуются тектоническими взаимоотношениями с вмещающими их кайнозойскими осадками. Поднятия названы автором инверсионными, поскольку необходимый для их формирования режим сжатия развивается на фоне полярного ему раздвигового режима рифтогена.

В соответствии с моделью автора ([7], рис. 2), инверсионные поднятия являются индикаторами знакопеременно-сдвигового режима и тектонической активности рифтогенов. Поднятия формировались в них на участках аномального расширения активизированных в кайнозое разломных зон, преимущественно в структурных узлах, неоднородных по своему внутреннему строению, сильно дислоцированных и обводненных. В условиях развивающегося при знакопеременном сдвиге мощного бокового стресса блоки пород с ненарушенной сплошностью, сопоставимые по размерам с мощностью зон разломов за пределами аномально расширенных участков, выталкиваются из дезинтегрированного, сильно обводненного и вследствие этого практически несжимаемого субстрата наверх. “Всплывающие” блоки испытывают при этом дополнительное горизонтальное смещение в комбинации с вращением (вариант усложненного надвига).

Поднятия Хабаровско-Хехцирской инверсионной системы (рис. 3) локализованы на юго-востоке Средне-Амурской впадины, в узле пересечения зон глубинных разломов: широтной Намурхэ, меридиональной Петропавловской и северо-восточной Хабаровской [1, 2, 6]. Две первые принадлежат к активизированной в кайнозое системе разломов Центрально-Азиатского пояса, последняя – к структурам Тихоокеанского пояса (к системе Тан-Лу). Как единая структура рассматриваемая система поднятий была заложена в плиоцене. На это указывает реликтовый характер находящихся в ее контуре олигоцен-миоценовых грабенов (Хабаровского и Базовского), блокированных с вертикальной амплитудой $n \times 100$ м и вовлеченных затем в эрозию. В достаточно активном режиме поднятия системы продолжили свое развитие и в плейстоцене. Это подтверждается блокировкой (вертикальная амплитуда $n \times 100$ м) плиоцен-четвертичных палеодолинных систем,

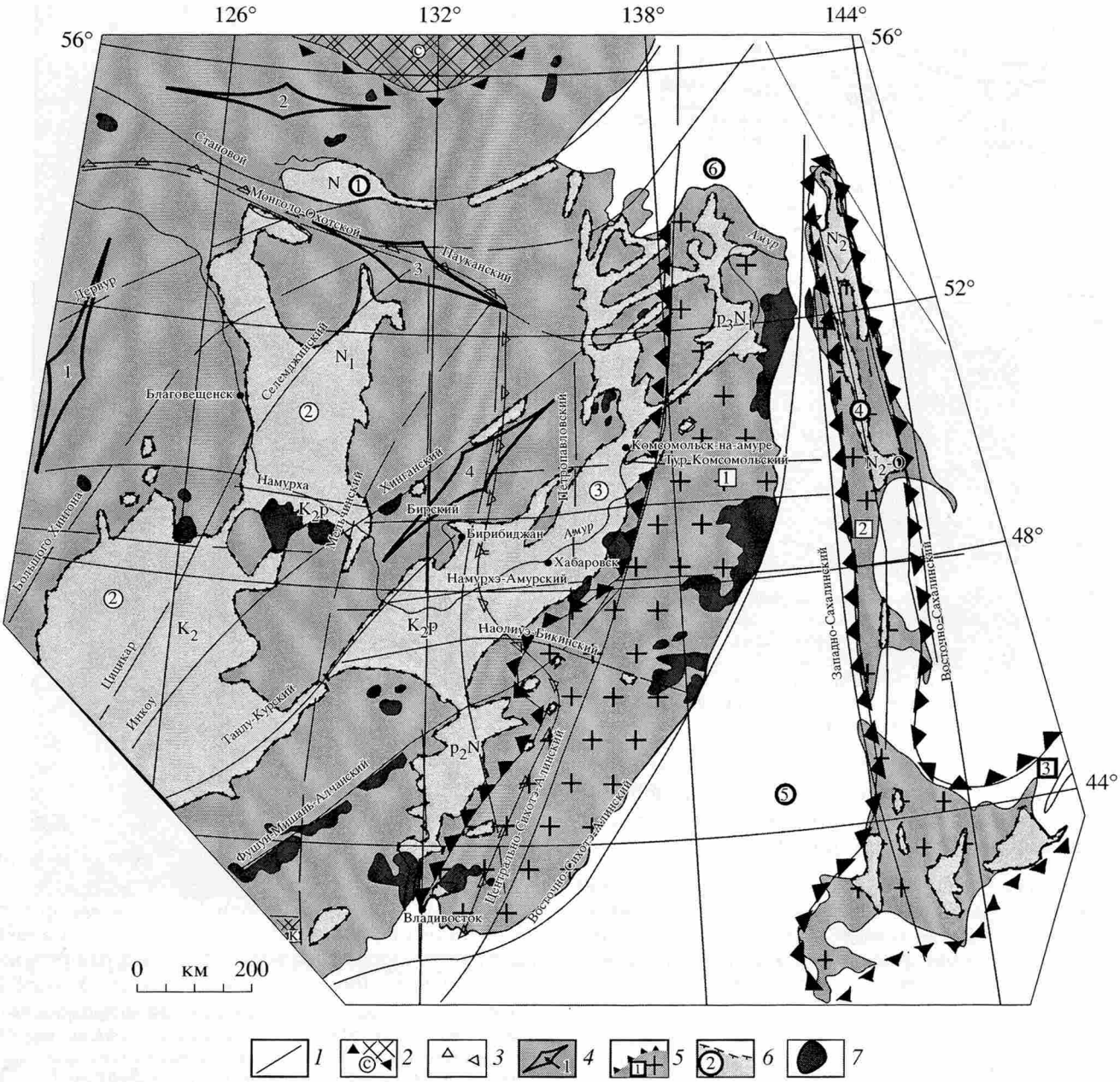

Рис. 1. Схема активных структур востока Азии [7]: *1* – основные зоны глубинных разломов; *2* – блоки кратонов (С – Сибирского, К – Китайского); *3* – контур герцинского Аргуно-Ханкайского мегасвода; *4* – оси кайнозойских орогенных систем с амагматичным режимом (1 – Большой Хинган, 2 – Алдано-Становой, 3 – Северо-Буреинский, 4 – Восточно-Буреинский); *5* – кайнозойские орогенные системы с магматогенным режимом (1 – Сихотэ-Алинская, 2 – Хоккайдо-Сахалинская, 3 – Курило-Камчатская); *6* – мезозойско-кайнозойские рифтогенные системы (1 – Верхне-Зейско – Удская, 2 – Сунляо – Амуро-Зейская, 3 – Амуро-Ханкайская, 4 – Сахалинская, 5 – Япономорская, 6 – Охотоморская); *7* – реликтовые поля кайнозойских платобазальтов.

выполненных пестрым набором рыхлых пролювиально-аллювиальных осадков приамурской свиты, которые перекрывают тектонически нарушенные ранее структуры упомянутых грабенов.

Результаты исследований. Голоценовые дислокации, соответствующие самому молодому и наиболее короткому этапу эволюции Хабаровско-Хехцирской системы, выражены в ней в значительно меньшей степени. Они маскируются эрозионными процессами и теряются на фоне более выраженных морфоструктур ранних этапов. В данных условиях надежная диагностика этих дислокаций могла быть получена лишь на тех участках, где они наложены на наиболее молодые (плейстоцен-голоценовые) осадки. В одной из таких тестовых позиций, расположенной в южной части Хаба-

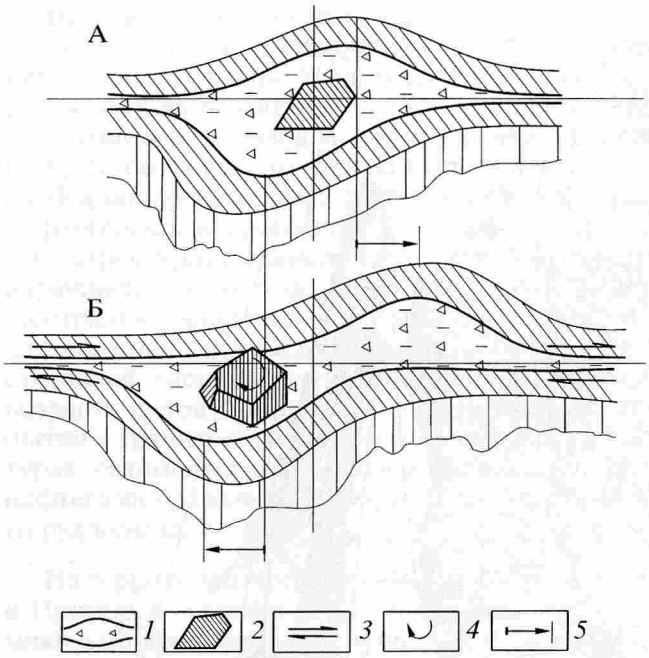

Рис. 2. Модель инверсионного поднятия. А – квазиравновесная фаза. Б – фаза правостороннего сдвига: *1* – зона разлома с дезинтегрированным обводненным выполнением; *2* – блоки пород с ненарушенной сплошностью; *3* – направление горизонтального смещения; *4* – направление вращения; *5* – амплитуда горизонтального смещения блоков.

ровска (пункт наблюдения Кругосветка), в полосе голоценовых осадков автором была выявлена первая серия дислокаций (рис. 4).

Разрез голоцена был вскрыт здесь тремя экскаваторными траншеями на глубину до 4 м. На рис. 4 представлена ситуация в одной из них. В разрезе (по всем трем траншеям) устойчиво прослеживаются четыре слоя:

1. Почвенный слой мощностью 0.25–0.35 м.

2. Белесые глинистые алевриты элювиального слоя, сформированного в условиях глеевой среды в кровле подстилающих глин на границе с почвенным слоем. Мощность слоя 0.30–0.35 м.

3. Глина алевритистая гумусовая, коричневато-палевой окраски, мощностью около 1.5 м. Мелкая сетка морозобойных трещин придает ей мелко-комковатый (местами до оскольчатого) облик. Размер комочков-осколков не более 3–5 см. Контакт с перекрывающими белесыми разностями постепенный (в зоне 0.5–1.0 см), без следов размыва.

4. Пачка переслаивания окисленных желто-бурых лимонитизированных песков и алевритистых глин белесой окраски. Вскрытая мощность до 2.5 м. Контакты песков с глинами подчеркнуты оторочками интенсивной лимонитизации.

Рис. 3. Структурная схема западной части Хабаровско-Хехцирской системы поднятий (составлена по материалам В.М. Никольского, с дополнением автора): *1* – блоки пород докайнозойского фундамента (*а* – выходящие на поверхность, *б* – частично перекрытые корой выветривания и неоген-четвертичными осадками пролювиально-аллювиальных фаций); *2* – блоки пород докайнозойского фундамента, полностью перекрытые неоген-четвертичными осадками; *3* – фрагменты кайнозойских грабенов с угленосными отложениями аллювиальных фаций; *4–5* – разломы: *4* – основные, *5* – второстепенные; *6* – Осиповский надвиг; *7* – палеосейсмодислокации: 1 – пункт Кругосветка, 2 – Осиповский "рой" сейсмотектонических структур; *8* – контур застройки Хабаровска и его пригородов.

Голоценовый возраст осадков подтвержден палинологическим анализом 7 проб (рис. 4А), выполненным Н.Д. Литвиненко (ФГУП "Хабаровскгеология"). Спектр пробы № 7, полученный из почвенно-растительного слоя, характеризуется

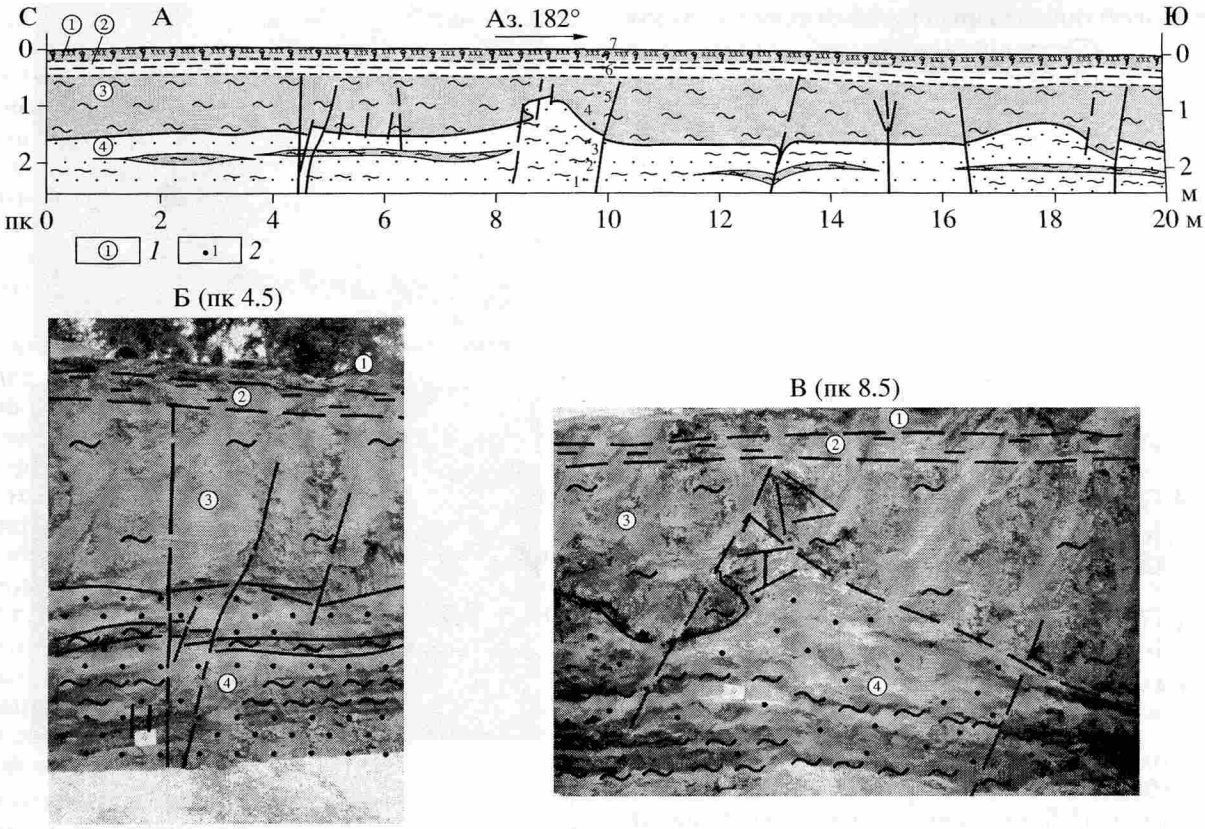

Рис. 4. Пункт Кругосветка. Дислокации в голоценовых осадках: А – зарисовка траншеи 1: *1* – номера слоев (1 – почвенный, 2 – элювиальный, 3 – гумусовые глины, 4 – пески с прослоями глин); *2* – точки отбора палинологических проб. Б – фото дислокаций 1 типа (сдвиговые); В – фото дислокаций 2 типа ("бескорневые").

преобладанием пыльцы древесных пород, с наибольшим участием пыльцы *Betula* (в т.ч. *B. platyphylla*, *B. coctata*, *B. dahurica*, *B. exilis*), *Alnus*, *Salix*. Несколько меньше участие пыльцы хвойных (*Pinus*, *Picea*, *Larix*) и широколиственных (*Quercus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Juglans*) растений. Присутствуют также единичные формы *Syringa*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Populus*. Пыльца трав и кустарничков в видовом отношении разнообразна: *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Rosaceae*, *Ranunculaceae*, *Potamogetonaceae*, *Compositae*, разнотравье. Среди спор доминируют *Polypodiaceae*, *Sphagnum*, *Lycopodium*, *Osmunda*. В спектрах проб № 1–6 преобладает пыльца *Betula* древесных и кустарничковых видов *Alnus*. Меньше пыльцы хвойных растений (*Pinus*, *Picea*), отмечена пыльца *Pinus pumila* и *Abies*. Присутствует также пыльца широколиственных пород: *Juglans* (в т.ч. *J. manshurica*), *Quercus mongolica*, *Ulmus*, *Syringa*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Populus*, *Acer*, *Aralia*. В группе трав и кустарничков обычны *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Rosaceae*, *Ericalis*, *Ranunculaceae*, *Artemisia*, разнотравье. Споры представлены *Polypodiaceae*, *Sphagnum*, *Lycopodium*, *Osmunda*.

Судя по наличию в разрезе всего одного почвенного слоя, по спокойным (без следов размыва) контактам этого слоя с элювиальным горизонтом, а последнего с гумусовыми глинами, площадь пункта наблюдения была выведена из состояния седиментогенеза лишь в самое последнее время (в пределах первых сотен лет). Об этом свидетельствуют и наблюдавшиеся в недавнем прошлом сезонные затопления поймы Амура (и пункта Кругосветка, в том числе). Они прекратились лишь в последние тридцать лет, в связи с миграцией русла Амура в западном направлении. Такое развитие ландшафта, в значительной мере, и обеспечило почти идеальную сохранность здесь голоценового разреза. До последнего времени этот участок не включался в контур городской застройки и, соответственно, не испытывал связанного с ней техногенного пресса.

Дислокации в осадках голоцена по всем трем траншеям выражены достаточно контрастно. По положению в разрезе выделено два их типа. Дислокации первого типа (рис. 4А, Б) проявлены в слоях 3 и 4. Их контрастно выраженные субвертикальные тектонические швы и зоны дробления имеют субширотную ориентировку, соответствующую зоне Намурхэ. Амплитуда вертикального смещения по ним варьирует в пределах 10 см. В элювиальном горизонте белесых глинистых алевритов (слой 2) эти дислокации уже не выра-

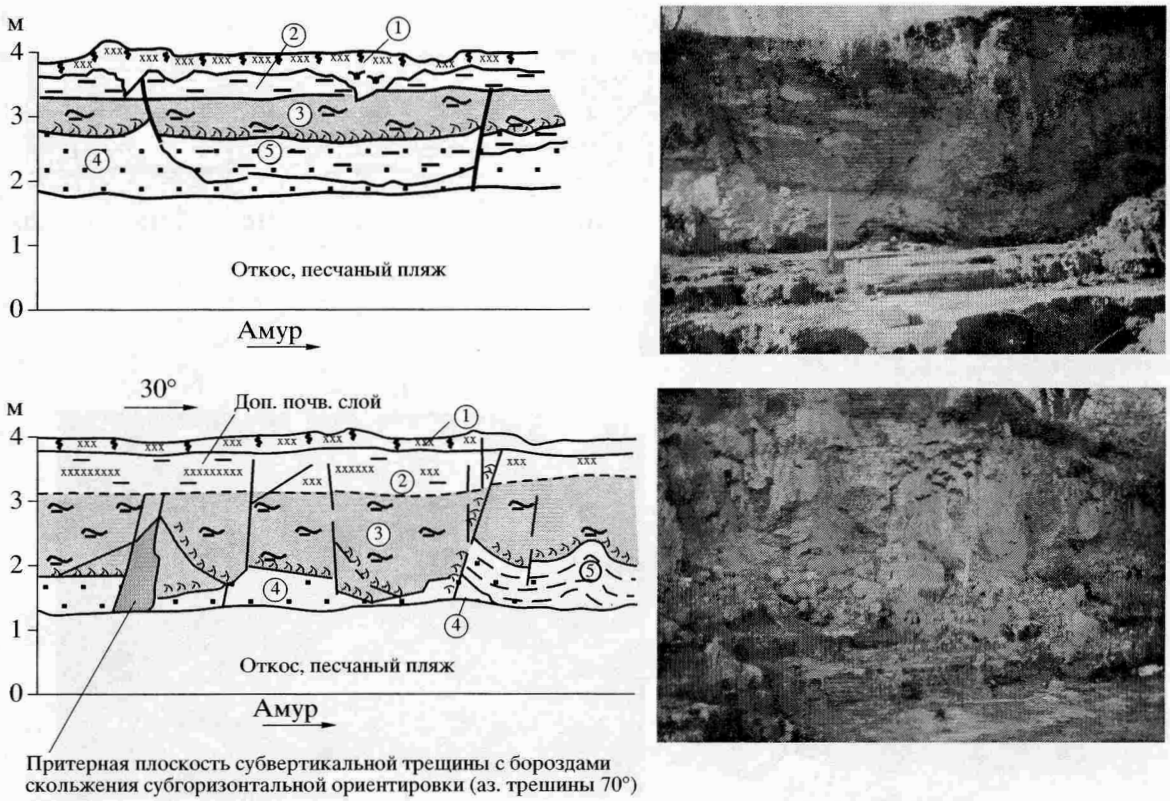

Рис. 5. Пункт Пемзенский. Дислокации в голоценовых осадках. 1–5 – номера слоев: 1 – почвенный; 2 – элювиальный; 3 – алевритистые глины; 4 – разнозернистые пески; 5 – алевритистые пески.

жены, что может быть связано с маскирующим эффектом почвообразования (с развитием глеевого процесса). Предельный возраст дислокаций может быть датирован временем формирования почвенного слоя и подстилающего его элювиального горизонта. Продолжительность этого интервала в данных условиях, по-видимому, не превышает 100–200 лет.

Дислокации второго типа проявлены (в отличие от первых) только в верхней части голоценового разреза (рис. 4В). Их субвертикальные швы и зоны смятия, в комбинации с флексурами, группируются в диагональную систему северо-западного и северо-восточного направления. Подошва гумусовых глин (слой 3) смещена по ним с вертикальной амплитудой до 0.6 м. Однако в метре ниже эти дислокации уже не проявляются. Прослои глин в пачке переслаивания (слой 4) ими уже не нарушены. Как и дислокации первого типа, данные нарушения не проявлены в почвенном слое и подстилающем его элювиальном горизонте, а потому их возраст может быть определен той же величиной (100–200 лет).

Оба выделенных типа дислокаций были выявлены и на пункте Пемзенском (рис. 5), расположенном в 16 км западнее пункта Кругосветка, в левом борту Пемзенской протоки (крайней западной из системы Амурских проток). Борт протоки, сложенный глинисто-песчаными отложениями плейстоцен-голоценового возраста, интенсивно размывается мигрирующим к западу водным потоком Амура. Дислокации проявлены здесь (с перерывами) на расстоянии более 2 км. Амплитуда вертикального смещения достигает в них 1.2 м, что вдвое превышает соответствующую амплитуду на пункте Кругосветка.

Структурная позиция, характер и амплитуда дислокаций, выявленных по обоим пунктам наблюдения, свидетельствуют о том, что примерно 100–200 лет назад на территории Среднего Амура (предположительно, западнее г. Хабаровска) произошло сейсмическое событие с магнитудой не менее 6–7. В южной части города и на его западной периферии, судя по характеру дислокаций, ему соответствовала интенсивность сотрясений в 7–8 баллов по шкале MSK-64. По времени данное событие может соответствовать землетрясению 1888 г., зафиксированному в каталоге И. Мушкетова и А. Орлова [9] на странице 546 под номером 2524. По мнению В.П. Солоненко с соавторами [12], сила этого землетрясения, обозначенного ими как Южно-Баджальское, могла достигать 8 баллов.

Если формирование первой группы выявленных дислокаций достаточно удовлетворительно может быть объяснено сдвиговыми перемещениями по зоне Намурхэ-Амурского разлома, то для механизма формирования несколько необычных ("бескорневых") дислокаций второго типа необходимо иное объяснение. Положение этих дислокаций вблизи земной поверхности, у контрастной границы раздела двух сред – "земля–воздух", с резко отличными физическими свойствами, наводит на мысль о их связи с "бегущей" по земной поверхности от эпицентра землетрясения волной, а точнее – с резонансом этой волны. "Бегущая" волна сопровождает любое достаточно крупное сейсмическое событие природного и техногенного характера, что особенно заметно на равнинных территориях, в горизонтально-слоистой среде рифтогенных структур, выполненных рыхлыми обводненными осадками. Так, это явление сопровождало Гоби-Алтайское землетрясение 1957 г. [3] и взрыв 1973 г. на точке ГСЗ в Чу-Сарысуйской впадине (автор в это время проводил здесь геолого-поисковые работы). В обоих случаях амплитуда "бегущей" волны вблизи эпицентров оценивалась очевидцами этих событий величиной до 1 м и более.

В открытых системах, достаточно хорошо изученных в термодинамике, акустике, аэро- и гидродинамике, развитие волновых процессов осуществляется, как известно, по нелинейным законам. Одним из характерных проявлений нелинейности являются режимы "с обострением", которые формируются при резком нарастании флуктуаций параметров-регуляторов системы. И наиболее ярким выражением таких режимов являются именно резонансные эффекты [5, 13]. По представлению автора, в неоднородной структуре земной коры, представляющей собой иерархически организованную, саморазвивающуюся систему открытого типа, любое сейсмическое событие может сопровождаться резонансными эффектами, определяющегося волновыми параметрами самого процесса, степенью неоднородности и обводненности вмещающей геологической среды, частотой ее собственных колебаний. В зоне предполагаемого резонанса, в результате резкого увеличения бокового давления, при превышении предела прочности горных пород и могут формироваться необратимые, локализованные в пространстве деформации.

Структура фронта, формируемого системой "бегущих" волн с сопровождающими их (предполагаемыми) резонансными эффектами, по-видимому, и фиксируется проявленными на земной поверхности сейсмодислокациями. Можно предположить, что на континенте этот фронт формируется и распространяется в целом аналогично фронту цунами, со скоростью, близкой к звуковой. Однако в значительно более неоднородной по сравнению с океаном среде континентальной коры он будет иметь и существенно более сложную внутреннюю организацию.

В рамках обозначенной в общих чертах резонансной модели отличительной особенностью поверхностных сейсмодислокаций должен являться с одной стороны их "бескорневой" характер, а с другой стороны – дискретность и регулярность, определяющиеся нелинейностью самого сейсмического процесса. Признаки этого и проявлены в охарактеризованных выше "бескорневых" дислокациях пунктов Кругосветка и Пемзенский.

Широкое распространение "бескорневых" сейсмодислокаций в структурах континентальной коры подтверждают и данные других исследователей. В упомянутой монографии "Гоби-Алтайское землетрясение" [3] описаны трещины и так называемые "земляные" волны, образовавшиеся в рыхлых осадках на северо-западе Монголии, в результате сейсмического события 1957 г. Первые, при мощности на поверхности до 4–8 м, имеют глубину всего 3–4 м. Облик вторых еще более соответствует волновой природе явления, хотя авторы вложили в их название лишь структурно-морфологический смысл.

Серия иных "бескорневых" сейсмодислокаций (вторичных по классификации В.П. Солоненко) выявлена автором на севере Хабаровска, в пределах Осиповского блока (рис. 6). Здесь на 1.5-километровом фрагменте высокого (до 30–40 м) берегового уступа Амура, сложенного кремнистыми сланцами перми и алевролитами мезозоя, откартирован "рой" из восьми структур сейсмогравитационного типа, с субвертикальным характером смещения ступеней. Амплитуда смещения достигает в них 20–30 м. Представительность наблюдений обеспечена здесь практически полной сохранностью первичного ландшафта, поскольку городская застройка обошла Осиповский блок стороной.

С юга Осиповский блок ограничен широтным разломом, относящимся к системе Намурхэ. Аналогичная зона предполагается и на его северной границе. Южная зона субвертикальная, мощностью 50–70 м, выполнена тектоническим меланжем, состоящим из обломков кремнистых алевролитов мезозоя, "плавающих" в глинистом матриксе. Нелитифицированный характер глинистого материала указывает в данном случае на позднекайнозойский возраст его формирования и на соответствующий возраст всей разломной зоны (точнее, на возраст ее последней активизации). Проявленные в береговом уступе Осиповского блока многочисленные зоны открытых трещин, нередко с притертыми плоскостями, зеркалами и бороздами скольжения также свидетельствуют о молодом (позднекайнозойском) возрасте проявленных в нем последних дислокаций.

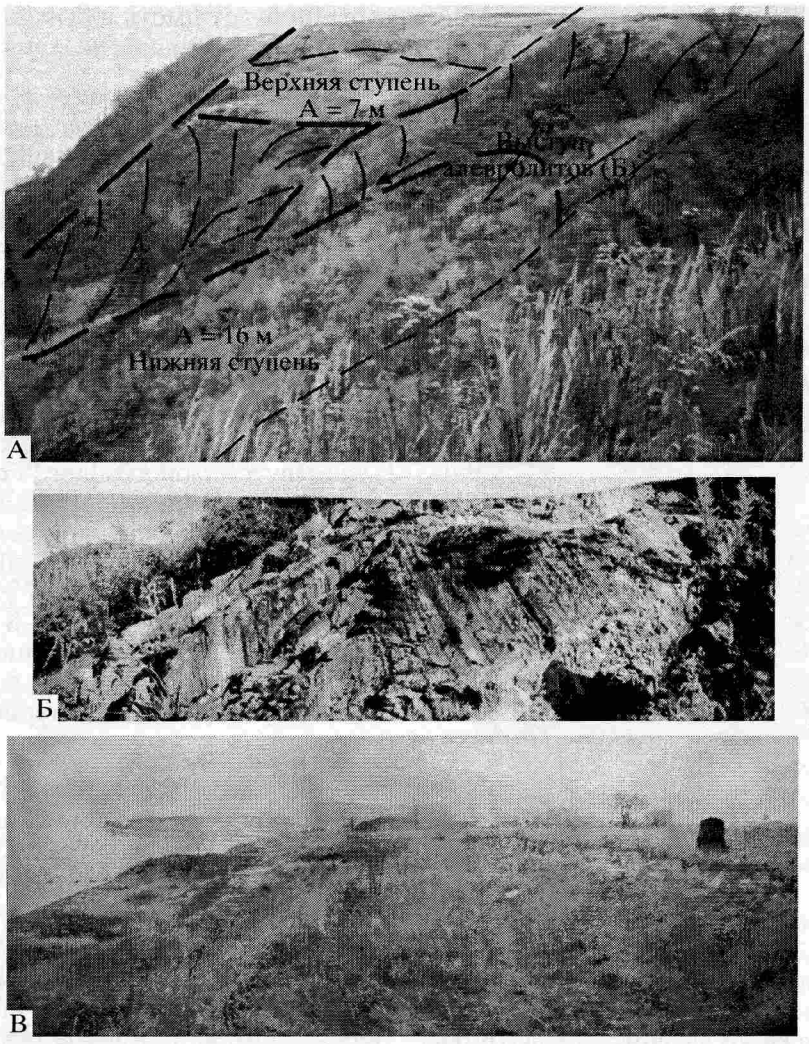

Рис. 6. Осиповский "рой" сейсмогравитационных структур. А, Б – южная группа "роя". А – общий вид с юга. (А = 7 м – вертикальная амплитуда смещения ступени); Б – фото выступа кремнистых алевролитов мезозоя в северном борту нижней ступени. Видны борозды скольжения; В – северная группа "роя". Видно смещение почвенного слоя на верхней ступени.

Южная группа дислокационного "роя" представлена на рис. 6А, Б. В северном борту нижней ступени сейсмогравитационной структуры, в выступе светло-серых кремнистых алевролитов развита система открытых трещин с исключительно контрастными бороздами скольжения (рис. 6Б), указывающими на высокую напряженность проявленного здесь дислокационного процесса. Алевритистые суглинки, залегающие на щебенистой коре выветривания алевролитов и слагающие вместе с ней поверхность смещенных ступеней, соответствуют культурному слою раннего неолита. Это установлено А.П. Окладниковым, изучавшим расположенные на поверхности уступа Осиповские поселения [11]. Нижний возрастной предел образования структур дислокационного "роя", в соответствии с этим, может быть определен границей плейстоцен-голоцен (10–11 тыс. лет). Поселения, аналогичные Осиповским, известны также и южнее Хабаровска (в интервале с.с. Осиновая Речка – Новотроицкое), где по их культурному слою имеются радиоуглеродные датировки с возрастом 12 500–9 890 лет [16].

Вертикальное направление смещения ступеней по всем структурам Осиповского "роя" указывает на дефицит плотности под ними. Последнее может быть связано с предполагаемым здесь автором надвигом алевролитов Осиповского блока на рыхлые осадки граничащего с ним с запада Николаевского кайнозойского грабена. На это указывает и чешуйчатая морфология блока с характерным "обратным" (от Амура) наклоном его поверхности. Признаки кайнозойского надвига в данном случае вполне соответствуют приведенной выше модели инверсионного поднятия и, с другой стороны, новейшему возрасту завершения

формирования всей структуры Хабаровско-Хехцирской системы поднятий. В этой связи закономерной выглядит и позиция структур Осиповского "роя" в краевой части блока – на фронтальной части пластины надвига, в зоне разгрузки ее деформационного поля. Само же формирование этих сейсмогравитационных структур может быть вызвано явлениями резонанса "бегущих" волн, связанных с различными землетрясениями (в том числе и голоценового возраста).

Следует отметить, что структуры Осиповского "роя" продолжили свое развитие и в более позднее время. На это указывают наблюдаемые в северной части "роя" смещения современного почвенного слоя верхних ступеней с амплитудой около 0.4 м (рис. 6В). Эти смещения могут быть как резонансной реакцией на наиболее поздние сейсмические события, так и (с несколько меньшей вероятностью) следствием сдвиговых перемещений по разломам, контролирующим формирование Хабаровско-Хехцирской системы инверсионных поднятий. Последние продолжаются, по-видимому, и в современных условиях. То и другое вполне соответствует характеру тектоники данной системы, направленно и активно эволюционирующей на протяжении всего новейшего этапа. Дополнительным доказательством современной тектонической активности Хабаровско-Хехцирской системы может служить и отмеченное выше явление миграции русла Амура в западном направлении.

Выводы. 1. Характер голоценовых сейсмодислокаций, выявленных на Хабаровско-Хехцирской системе инверсионных поднятий, свидетельствует о достаточно высокой современной активности этой структуры и контролирующих ее глубинных разломов.

2. "Бескорневые" сейсмодислокации, выявленные в осадках плейстоцен-голоценового возраста, и дислокации сейсмогравитационного типа (Осиповский "рой"), являются структурным выражением волнового сейсмического процесса и могут быть связаны с резонирующим эффектом "бегущей" (от эпицентра землетрясения) волны на границе раздела "земля–воздух".

3. Выявление достаточно большого количества голоценовых дислокаций, при весьма скромном объеме полевых исследований, указывает на значительный потенциал этого информационного слоя на территории Хабаровска и Среднего Приамурья в целом, что предполагает необходимость их системного дальнейшего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Варнавский В.Г., Седых А.К., Рыбалко В.И.* Палеоген и неоген Приамурья и Приморья. Владивосток, 1988. 184 с.
2. Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. М-б 1 : 2500000 / Л.И. Красный, А.С. Вольский, Пэн-Юньбяо. Объясн. записка. СПб. – Благовещенск – Харбин, 1999. 135 с.
3. Гоби-Алтайское землетрясение / Н.А. Флоренсов, В.П. Солоненко. М, 1963. 392 с.
4. *Карне Дж.Б., Новицки-Эванс Дж.М., Шунк Д.Дж.* Структурный контроль литофаций в депрессии Чжу1 бассейна устья Жемчужной реки (Южно-Китайское море) // Проблемы тектоники, минеральные и энергетические ресурсы северо-западной Пацифики. Ч. 1. Хабаровск, 1992. С. 182–201.
5. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. М.: Наука, 1994. 236 с.
6. *Коковкин А.А.* Эволюционная модель кайнозойской геодинамики Среднего-Нижнего Приамурья // Строение и эволюция востока Азии. IV Косыгинские чтения. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2003. С. 73–85.
7. *Коковкин А.А., Бормотов В.А., Литвиненко Н.Д.* Новейшая геодинамика и сейсмотектоника региона юга Дальнего Востока России: нелинейная модель и результаты ее заверки // Матер. IV Междунар. симпозиума "Закономерности строения и эволюции геосфер". Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2004. С. 113–126.
8. *Коковкин А.А.* Геологические индикаторы нелинейных и волновых процессов структурирования континентальной коры в кайнозое: регион юга Дальнего Востока России // Эволюция тектонических процессов в истории земли. Матер. XXXVII Тектонического совещ. Том 1. Новосибирск: 2004. С. 242–245.
9. *Мушкетовъ И., Орловъ А.* Каталогъ землетрясеній Россійской Имперіи. Записки императорского русскаго географическаго общества. Томъ XXVI. Санктпетербургъ, 1893. 567 с.
10. *Николаев В.В., Семенов Р.М., Оскорбин Л.П. и др.* Сейсмотектоника и сейсмическое районирование Приамурья. Новосибирск: Наука, 1989. 128 с.
11. *Окладников А.П.* Далекое прошлое Приморья. Владивосток: Приморское книжное изд-во, 1959. 292 с.
12. *Солоненко В.П., Николаев В.В., Семенов Р.М. и др.* Геология и сейсмичность зоны БАМ. Сейсмология и сейсмическое районирование. Новосибирск: Наука, 1985. 192 с.
13. *Собисевич Л.Е., Собисевич А.Л.* Волновые процессы и резонансы в геофизике. М.: ОИФЗ РАН, ГНИЦ ПГК (МФ) при Куб ГУ Минобразования России, 2001. 299 с.
14. *Уломов В.И., Шумилина Л.С.* Комплект карт общесейсмического районирования территории СНГ. ОСР-97. М-б 1 : 8000000. Объяснительная записка. М., 1999. 57 с.
15. *Уткин В.П.* Сдвиговый геодинамический режим Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода // Проблемы тектоники, минеральные и энергетические ресурсы северо-западной Пацифики. Ч. 1. Хабаровск: Приамурский филиал Географического общества СССР, ДВО АН СССР, 1992. С. 164–173.

16. *Шевкомуд И.Я., Чернюк А.И., Кузьмин Я.В.* Стратиграфия, хронология, палеогеографическая реконструкция обстановки финального плейстоцена-голоцена Хехцирского геоархеологического района в Приамурье // Четвертичные отложения юга Дальнего Востока и сопредельных территорий. Матер. 6 Дальневосточного стратиграфического совещания. Хабаровск: 2001. С. 107–111.

17. *Rosendahl B.R.* Archtecture of continental rifts with special reference to East Africa // Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 1987. V. 15. P. 445–503.

Holocene Earthquake Surface Breakage in the Khabarovsk-Kherktsir System of Neotectonic Inversion Uplifts: Nonlinearities and the Wave Character of the Seismic Process

A. A. Kokovkin

Institute of Tectonics and Geophysics, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, 680000, Russia

The paper reports a seismotectonic study of the Khabarovsk City area conducted in 2003–2004. Previously unknown Holocene earthquake surface breakage has been identified. Special interest attaches to "rootless" breakage (flexures combined with tectonic sutures) affecting only the uppermost Holocene sedimentary layers. Investigation in the north of the city area has revealed a "swarm" of earlier Holocene "rootless" earthquake-induced gravity faults involving subvertical displacement of steps in the bank scarp of the Amur River composed of cherty aleurolite of Mesozoic age. One infers a fairly high level of present-day activity for the Khabarovsk-Khekhtsir uplift system, which may substantially affect the estimated intensity of shaking to be expected in Khabarovsk and the Middle Amur R. area as a whole. The "rootless" character and probable spatial regularity in most of these surface breaks suggest that they have been due to the resonant effect of a "traveling" seismic surface wave that is dramatically amplified at the earth-air interface in a nonlinear seismic wave process.