

УДК 550.348.098.64(571.56+571.65)

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЕРХОЯНО-КОЛЫМСКОЙ ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ (СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)**Стогний Г. А., Стогний В. В.****SEISMOTECTONIC MODEL OF THE VERKHOYANSK-KOLYMA OROGENIC REGION (NORTHEAST OF RUSSIA)**

Stogny G. A., Stogny V. V.

Kuban State University, Krasnodar, 350040, Russia
e-mail: stogny@newmail.ru

Abstract. Verkhoyansk-Kolima orogenic region (VKOR), which located in the North-Eastern part of the Russia, is marked by a high seismic activity. In this region more than 20 thousand earthquakes are registered. The centers of the earthquakes are placed in the whole interval of the Earth's crust (4–40 km), while most of seismic activity is in the middle and upper of her layers. In the problem of creation of the seismotectonic model of the VKOR Earth's crust the active faults of the sedimentary complex are best of all studied, at the same time the role of the structure elements of crystalline basement is practically not investigated.

The article begins with the description of the located conformity to natural laws in the centers of strong earthquakes ($M > 5$) with elements of the VKOR crystal basement structure. The block structure of the Earth's crust, which was well grounded on the results of the complex interpretation of the gravity and magnetic fields with take attention of the petrophysics criterions structure-material complexes is chosen as basis model. The VKOR crystal basement contain the north-eastern part of the Aldan-Stanovoy geoblock and Verkhoyanskiy geoblock, which consist of the North-Verkhoyanskiy, South-Verkhoyanskiy, Adiacha-Nerskiy and Ayan-Uriakhskiy megablocks.

Maximal number of the VKOR strong earthquakes are registered on the Adiacha-Nerskiy megablock territory. Tectonic faults of the Adiacha-Nerskiy megablock have north-western strike such as strike of Eastverkhoyansk sutura, which delimited the North-Asia craton and Kolyma-Omolon microcontinent. This allow to offer, what forming of the Adiacha-Nerskiy megablock structure take place in the conditions of the Mesozoic collision between North-Asia craton and Kolyma-Omolon microcontinent. The process of the interaction of this tectonic structures, evidently, continues also at the present time, what is the reason of the forming in the Earth's crust fields of the tectonic strains and their relaxation on account of earthquakes.

The results of this research make new data for the construction of the Earth's crust seismic-tectonic model on the level of its upper and middle parts. It is shown that the most seismodangerous territory is the central part of zone of the Eastverkhoyansk sutura, which controlled centers of the Andrey-Tassky (22.06.2008, $M = 6.1$) and Abiykiy (14.02.2013, $M = 6.9$) earthquakes.

Keywords: tectonic block, earthquake, active fault, Earth's crust, Verkhoyansk-Kolyma orogenic region, seismic-tectonic model

Введение

Верхояно-Колымская орогенная область (ВКОО) представляет собой один из наиболее сейсмоактивных регионов Северо-Востока России. На её территории зафиксировано более 20 тыс. сейсмических событий [1]. Для ВКОО характерно субдолготное и северо-западное простирание горных

хребтов. В структуре среднечастотной составляющей рельефа при радиусе осреднения 20 км (рис. 1) линейными максимумами проявляются горные системы: Верхоянская, Черского, Момская и Сунтар-Хаятинская. Сетте-Дабанский горный хребет, сложенный протерозой-палеозойскими терригенно-карбонатными отложениями, соответствует западной градиентной зоне Сунтар-

Стогний Галина Александровна, д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедры региональной и морской геологии Кубанского государственного университета; e-mail: stogny@newmail.ru

Стогний Валерий Васильевич, д-р геол.-минерал. наук, профессор кафедры геофизических методов поисков и разведки Кубанского государственного университета; e-mail: stogny_vv@mail.ru

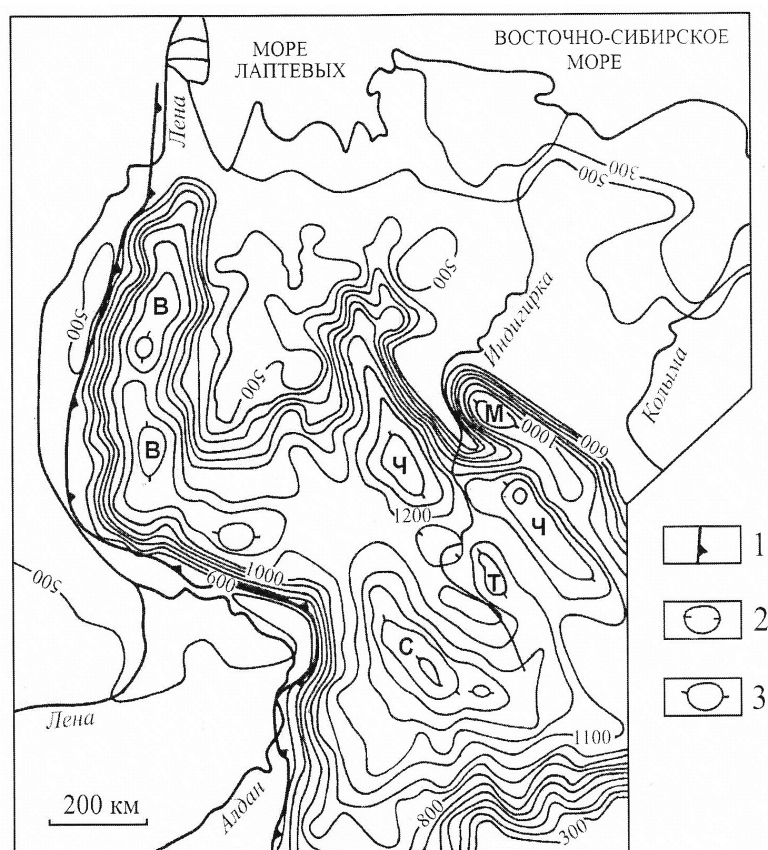


Рис. 1. Схема рельефа Верхояно-Колымской орогенной области при радиусе осреднения 20 км:
1 — граница Сибирской платформы и ВКОО; 2–3 — минимумы (2) и максимумы (3) среднечастотной составляющей рельефа. Буквами обозначены горные системы: В — Верхоянская, М — Момская, С — Сунтар-Хаятинская, Т — Тас-Кыстабытская, Ч — Черская

Хаятинского максимума рельефа. Горная система Черского представлена двумя смещёнными в субширотном направлении сегментами: северный её сегмент имеет север-северо-западное простирание, а южный — северо-западное.

Имеется несколько точек зрения на условия формирования горных систем ВКОО. Так, согласно [2] её границы были оформлены в эоцене вследствие обрушения Верхояно-Чукотского протоорогенного свода с образованием системы впадин и горных сооружений. Л. М. Парфёнов с соавторами [3] формирование горных хребтов ВКОО связывает со сменой положения полюса вращения Евразийской и Северо-Американской литосферных плит.

Эпицентры сильных землетрясений приурочены как к горным хребтам, так и к кайнозойским впадинам. Адычанское землетрясение произошло в междуречье Яна-Адыча (Верхнеадычанская впадина), Артыкское

землетрясение — в бассейне р. Нера (Верхненерская впадина), Сетте-Дабанское — в северной части хребта Сетте-Дабан, Юдомское — на северо-востоке Сунтар-Хаятинской горной системы.

Землетрясения ВКОО, акватории морей Лаптевых и Охотского Б. М. Козьмин [4] объединил в Лаптевско-Колымский сейсмический пояс, в последующем название которого изменилось на сейсмическую зону хр. Черского Арктико-Азиатского сейсмического пояса [5], разделенной на два сегмента: северо-западный (Яно-Индигирский) и юго-восточный (Индигиро-Колымский). Согласно [6, 7] сейсмическая активность зоны хр. Черского вызвана сближением Евразийской и Северо-Американской плит в режиме транспрессии, при этом землетрясения Яно-Индигирского сегмента контролируются системой кайнозойских правых сдвигов, а Индигиро-Колымского сегмента — системой левых сдвигов.

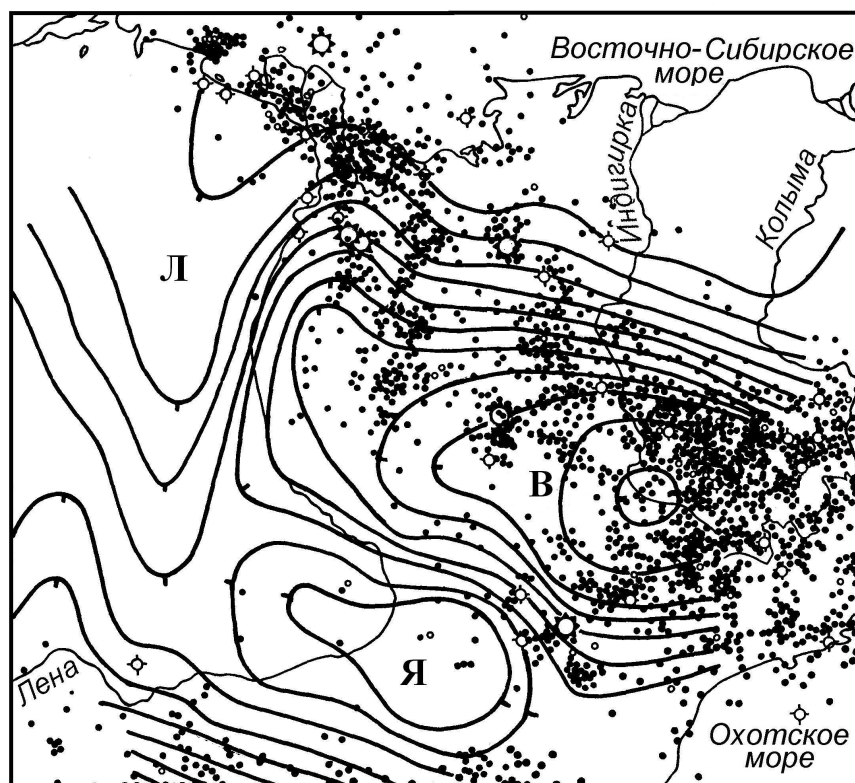


Рис. 2. Эпицентры землетрясений ($M > 4$) Верхояно-Колымской орогенной области на схеме низкочастотной составляющей гравитационного поля Северо-Востока России, по [8]: Буквами обозначены региональные гравитационные минимумы (В — Верхоянский) и максимумы (Л — Ленский, Я — Якутский)

Территории ВКОО в низкочастотной составляющей гравитационного поля Северо-Востока России (рис. 2) соответствует Верхоянский региональный минимум. На схему низкочастотной составляющей гравитационного поля вынесены эпицентры землетрясений с $M > 4$. Анализ распределения землетрясений позволяет отметить их рассеянный характер, при этом большая часть землетрясений локализована в центральной части Верхоянского регионального гравитационного минимума.

Верхоянский региональный гравитационный минимум отождествляется с верхнемантийной плотностной неоднородностью — Верхоянской астенотинзой на глубине 40–120 км [8]. С этой точки зрения формирование современного сейсмотектонического режима ВКОО рассматривается в рамках парадигмы глубинной геодинамики. В результате процессов, вызванных верхнемантийной астенотинзой, происходит взаимодействие на

уровне кора — мантия, что приводит к перестройке нижней части земной коры и движению разноуровневых блоков в её верхней части с формированием полей тектонических напряжений и их разрядкой посредством землетрясений. Подвижки блоков на уровне верхнего слоя земной коры вызвали также образование сейсмоактивных рифтогенных структур (Верхненерская, Аркагалинская, Эрикитская). Согласно математической модели [9], именно блоковые структуры и разделяющие их разломные граничные зоны являются главными сейсмоконтролирующими и сейсмогенерирующими объектами.

Характер распределения эпицентров землетрясений ВКОО по отношению к тектоническим нарушениям осадочного чехла исследован довольно детально [5–8], однако связь землетрясений большой интенсивности ($M > 5$) со структурными элементами кристаллического фундамента, к которому фактически и приурочены гипоцентры ряда

крупных землетрясений, практически не исследована. Поэтому цель настоящей работы заключалась в анализе закономерности размещения крупных землетрясений по отношению к элементам кристаллического фундамента ВКОО и выявлению потенциально сейсмогенерирующих и сейсмоконтролирующих структур.

1. Тектоническое районирование кристаллического фундамента Верхояно-Колымской орогенной области

Кристаллический фундамент ВКОО перекрыт верхнепротерозой-мезозойскими карбонатно-терригенными отложениями мощностью более 10 км и обнажён в южной части на Охотском срединном массиве, а за его пределами на Анабарском и Алдано-Становом щитах Сибирской платформы. Анализ имеющихся схем строения кристаллического фундамента данного региона показывает различный подход к его тектоническому районированию. В качестве базовой авторами выбрана модель блоковой делимости земной коры [8], обоснованная по результатам комплексной интерпретации гравитационного и магнитного полей на уровне аномальных областей и зон с учётом петрофизических критериев структурно-вещественных комплексов (рифей-палеозойского карбонатного и палеозой-мезозойского верхоянского терригенного). Средние плотности свит, слагающих монотонную терригенную толщу верхоянского комплекса ВКОО, находятся в пределах $2,60\text{--}2,65\text{ г/см}^3$ и практически не отличаются от средней плотности всего терригенного верхоянского комплекса — $2,62\text{ г/см}^3$. Это позволяет предположить, что складчатые структуры верхоянского комплекса не будут оказывать серьёзного влияния при обосновании схемы строения кристаллического фундамента по интерпретации среднечастотной составляющей гравитационного поля. Выходы карбонатного комплекса закартированы в пределах Сетте-Дабанского антиклинория, северного обрамления Охотского массива и ряда блоков, окаймляющих Колымский срединный массив. Средняя плотность карбонатного комплекса, слагающего Сетте-Дабанский антиклинорий, принята равной $2,72\text{ г/см}^3$. Плотность пород кристаллического фундамента может варьировать в пределах $2,62\text{--}2,80\text{ г/см}^3$.

Тектоническая структура кристаллического фундамента Северо-Востока России представляется в виде Алдано-Станового, Анабарского, Верхоянского, Приморского, Колымо-Омолонского и Охотоморского геоблоков (рис. 3). Верхоянский, Алдано-Становой и Анабарский геоблоки принадлежат к крупной тектонической единице — Северо-Азиатскому кратону, ограниченному с востока Восточновихоянской, а с юга — Охотоморской сутурами. В рамках Северо-Азиатского кратона ВКОО сформирована за счёт складчатых деформаций осадочного слоя его восточной пассивной окраины [3]. Приморский и Колымо-Омолонский геоблоки относятся к консолидированной земной коре Колымо-Омолонского микроконтинента. Граница между Северо-Азиатским кратоном и Колымо-Омолонским микроконтинентом рядом авторов [1, 3, 6] отождествляется с зоной взаимодействия Евразийской и Северо-Американской литосферных плит. Структура кристаллического фундамента ВКОО рассматривается в иерархической системе геоблоков, мегаблоков и блоков раннедокембрийской земной коры [10].

Алдано-Становой и Анабарский геоблоки кристаллического фундамента практически полностью принадлежат консолидированной коре Сибирской платформы и лишь их восточные фланги перекрыты терригенно-карбонатными отложениями ВКОО. Алдано-Становой геоблок граничит с Верхоянским геоблоком по Присеттедабанскому разлому, а Анабарский геоблок — по Западновихоянскому.

Ближайшие выходы раннедокембрийских метаморфических пород Алдано-Станового геоблока закартированы в междуречье р. Батомга — верховья р. Учур. Нижний инфракrustальный комплекс сложен биотитовыми, биотит-амфиболовыми плагиогнейсами и гранитогнейсами. Верхний супракрустальный комплекс (гранат-биотитовые плагиогнейсы и гнейсы, пироксен-амфиболовые сланцы, амфиболиты, кальцифиры) развит главным образом в междуречье Учур-Маймакан.

Верхоянский геоблок системой диагональных и субмеридиональных разломов разбит на Северо-Верхоянский, Южно-Верхоянский, Адыча-Нерский и Аян-Уряхский мегаблоки, различающиеся составом верхней части консолидированной земной коры.

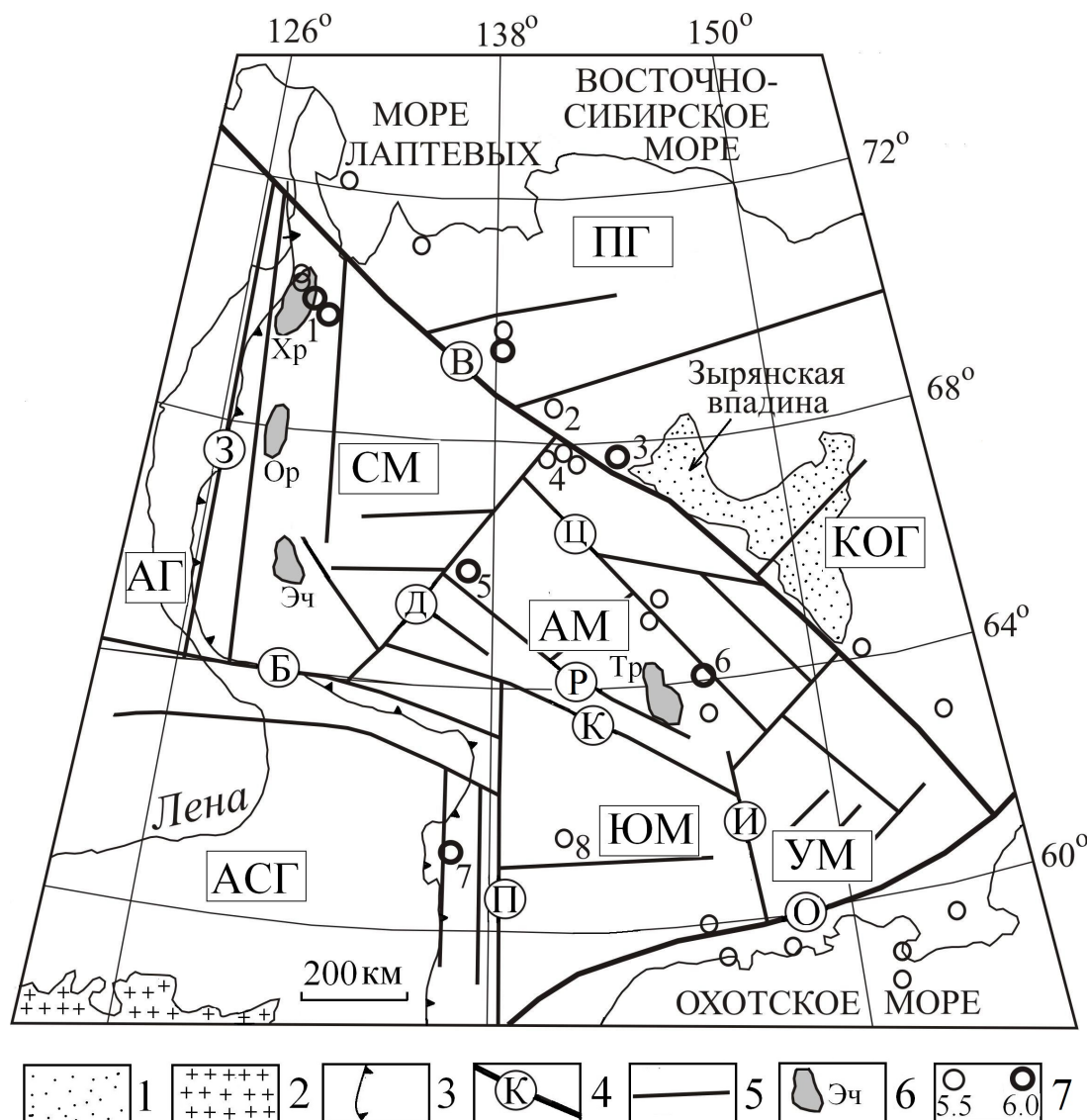


Рис. 3. Схема тектонического строения кристаллического фундамента ВКОО и распределение эпицентров сильных землетрясений: 1 — осадочные мел-неогеновые отложения Зырянской впадины; 2 — выходы раннедокембрийских пород Алдано-Станового щита; 3 — граница Сибирской платформы с Верхояно-Колымской орогенной областью; 4 — глубинные ограничения Северо-Азиатского кратона: В — Восточноверхоянская, О — Охотоморская сутуры; 5 — межгеоблоковые и блоковые разломы: Б — Байкало-Вилуйский, З — Западнoверхоянский, П — Присеттедабанский, К — Кебеменский, Д — Дербекенский, И — Инский, Р — Верхнеиндигирский, Ц — Центральный; 6 — гранитогнейсовые купола Верхоянского геоблока кристаллического фундамента: Хр — Хараулахский, Ор — Орулганский, Эч — Эчийский, Тр — Тарынский; 7 — эпицентры землетрясений с магнитудой более 5,5 и более 6,5 (шкала Рихтера) по [1, 6, 7]: 1 — Булунские (1927–1928 гг., $M = 6,8$), 2 — Уяндинское (22.11.1984 г., $M = 5,6$), 3 — Абыйское (14.02.2013 г., $M = 6,9$), 4 — Андрей-Тасское (22.06.2008 г., $M = 6,1$), 5 — Адычанское (02.12.1951 г., $M = 6,4$), 6 — Артыкское (18.05.1971 г., $M = 6,6-6,8$), 7 — Сете-Дабанское (14.04.1951 г., $M = 6,5$), 8 — Юдомское (30.09.1971 г., $M = 5,5$). Геоблоки кристаллического фундамента: АСГ — Алдано-Становой, АГ — Анабарский, КОГ — Колымо-Омолонский, ПГ — Приморский. Мегаблоки Верхоянского геоблока: СМ — Северо-Верхоянский, ЮМ — Южно-Верхоянский, АМ — Адыча-Нерский, УМ — Аян-Уряхский

Северо-Верхоянский мегаблок в плане соответствует контурам одноимённого субдолготного гравитационного максимума. С юго-востока Северо-Верхоянский геоблок ограничен Дербекинским межгеоблоковым разломом, а с юга — Кебеменским. Западнoverхоянский межблоковый разлом по-видимому, контролирует размещение Хараулахского, Орулганского и Эчийского гранитогнейсовых куполов, выделенных в контурах локальных гравитационных минимумов.

Южно-Верхоянский мегаблок с севера ограничен Кебеменским межблоковым разломом, а на востоке — Инским. Его южной границей является Охотоморская сутура. Состав пород кристаллического фундамента Южно-Верхоянского мегаблока характеризуют данные, полученные при изучении ксенолитов в дайках диабазовых и диоритовых порфириров и лампрофиров. В дайках диабазовых и диоритовых порфириров преобладают ксенолиты гранитоидов и метаморфических пород: гранит-порфиры (до 90 %), биотитовые и роговообманковые диориты, гранодиориты, кристаллические сланцы. В дайках лампрофиров встречаются ксенолиты карбонатного состава. Кроме того, в верхнетриасовых конгломератах часты обломки гранитоидных пород.

О составе кристаллических пород Южно-Верхоянского мегаблока можно судить также по результатам изучения выходов архейских метаморфических образований Кухтуйского выступа Охотского срединного массива. Северная часть Кухтуйского выступа сложена графитовыми, амфиболовыми, биотитовыми гнейсами и сланцами, плотность которых в зависимости от их состава и степени гранитизации изменяется от 2,60 до 3,12 г/см³.

Адыча-Нерский мегаблок с северо-востока ограничен Восточнoverхоянской сутурой, а с юга — Кебеменским разломом. На юго-востоке Адыча-Нерский мегаблок граничит с Аян-Уряхским мегаблоком. В северо-восточной части Адыча-Нерского мегаблока широко развит гранитоидный магматизм, представленный главным образом массивами Главного батолитового пояса. Ю.Я. Ващилов с соавт. [11] предполагает совпадение нижних кромок гранитных массивов Главного батолитового пояса с поверхностью кристаллического фундамента. О неглубоком залегании фундамента свидетельствуют и ксенолиты метаморфических пород в гранитоидах. В центральной части мегаблока

в контурах Тарынского локального гравитационного минимума выделен одноимённый гранитогнейсовый купол кристаллического фундамента, контролирующий Тарынский субвулкан.

Аян-Уряхский мегаблок перекрыт палеозой-мезозойскими отложениями Иньяли-Дебинского синклинория, Аян-Юряхского антиклинория и Кулинской складчатой системы. Модель формирования антиклинальных поднятий данной территории за счёт образования мезозойского гранитоидного ядра, возникшего в результате процессов палингенеза и анатексиса на глубине 10–15 км, представлена в [11].

Анализ простирания тектонических нарушений кристаллического фундамента Верхоянского геоблока позволяет отметить, что направление разломов Северо-Верхоянского и Южно-Верхоянского мегаблоков подчинено ортогональной системе, а Адыча-Нерского и Аян-Уряхского мегаблоков — северо-западному простиранию Восточнoverхоянской сутуры.

2. Сейсмотектоника консолидированной земной коры Верхояно-Колымской орогенной области

Очаги землетрясений ВКОО распределены по всему интервалу земной коры (4–40 км), при этом наиболее сейсмоактивными являются её верхний и средний слои. Процессы на уровне кора-мантия приводят к перестройке нижней части земной коры и движению разноуровневых блоков в её средней и верхней частях с формированием полей тектонических напряжений и их разрядкой посредством землетрясений [10]. Исходя из предложенной модели глубинного строения ВКОО, рассмотрим роль разломов кристаллического фундамента в закономерностях размещения сильных ($M > 5,5$) землетрясений. Распределение эпицентров землетрясений с $M > 5,5$ по отношению к структурным элементам кристаллического фундамента иллюстрирует рис. 3.

В пределах Северо-Верхоянского геоблока эпицентры крупных землетрясений (Булунские, Тит-Арынское, Быковское) приурочены к Хараулахскому гранитогнейсовому куполу, а глубина их гипоцентров находится в интервале 15–25 км [3]. Эпицентры землетрясений тяготеют к Хараулахскому хребту субдолготного простирания, в южной части которого в 1927–1928 гг. произошло 5 силь-

ных Булунских землетрясений с $M = 5,8-6,8$.

Максимальное количество сильных землетрясений ВКОО зафиксировано на территории Адыча-Нерского мегаблока. Тектонические нарушения Адыча-Нерского мегаблока имеют северо-западное простирание, аналогичное Восточноверхоянской сутуре, разграничивающей Северо-Азиатский кратон и Колымо-Омолонский микроконтинент. Это позволяет предположить формирование структуры Адыча-Нерского мегаблока в условиях мезозойской коллизии Северо-Азиатского кратона и Колымо-Омолонского микроконтинента. Процесс взаимодействия последних, по-видимому, продолжается и в настоящее время, что вызывает формирование в земной коре полей тектонических напряжений и их разрядку посредством землетрясений.

В пределах Адыча-Нерского мегаблока в зоне Центрального разлома произошло одно из самых крупных на Северо-Востоке России Артыкское землетрясение (18.05.1971 г., $M = 6,6-6,8$). Глубина афтершоков Артыкского землетрясения соответствует интервалу 4–25 км при максимальной их плотности на глубине 10–18 км, а интенсивность подземного толчка в эпицентре составляла 9 баллов [3]. Другое крупное землетрясение, Адычанское (02.12.1951 г., $M = 6,4$), расположено в зоне влияния Дербекенского и Верхнеиндигирского разломов западной части Адыча-Нерского мегаблока.

Наиболее сейсмоопасной начала настоящего века является центральная часть зоны Восточноверхоянской сутуры. Так, в области сочленения Восточноверхоянской сутуры и Дербекенского разлома зарегистрирована серия землетрясений с $M > 5$, самое сильное среди которых — Андрей-Тасское (22.06.2008 г., $M = 6,1$). Андрей-Тасское землетрясение интенсивностью до 8 баллов приурочено к одноимённому кряжу, глубина его очага равна 18 км [1].

Восточнее Андрей-Тасского землетрясения в зоне влияния Восточноверхоянской сутуры в пределах Колымо-Омолонского геоблока следует отметить Уядинское (22.11.1984 г., $M = 5,6$) и Абыйское (14.02.2013 г., $M = 6,9$) землетрясения. Глубина очага Абыйского землетрясения 14 км, а интенсивность до 8 баллов [1]. Согласно [7] Андрей-Тасское и Уядинское землетрясения имеют одинаковую ориентацию изосейст, большая ось которых направлена в близши-

ротном направлении. По этому параметру они отличаются от других землетрясений сейсмической зоны хр. Черского, изосейсты которых имеют форму эллипса, вытянутого в северо-западном направлении.

В пределах Аян-Уряхского мегаблока юго-восточной части ВКОО зафиксированы главным образом землетрясения с $M = 4,0-5,5$ (рис. 2). Юдомское землетрясение (30.09.1971 г., $M = 5,5$) центральной части Южно-Верхоянского мегаблока, по-видимому, контролировалось субширотным разломом.

Сетте-Дабанское землетрясение ($M = 6,5$) произошло 14.04.1951 г. в центральной части Кыллахской тектонической зоны Южно-Верхоянского сектора ВКОО произошло в центральной части Кыллахской тектонической зоны Южно-Верхоянского сектора ВКОО. Кыллахская зона протягивается вдоль границы с Сибирской платформой и сложена верхнепротерозой-нижнепалеозойскими терригенно-карбонатными отложениями. Для Кыллахской зоны характерны надвиги, амплитуда горизонтальных перемещений по которым оценивается до 6 км [3]. Кыллахская и расположенная восточнее её Сетте-Дабанская тектонические зоны ВКОО надвинуты на северо-восточный фланг Алдано-Станового геоблока Сибирской платформы, отделенного от Верхоянского геоблока Байкало-Вилуйским и Присеттедабанским разломами. Присеттедабанский межгеоблоковый разлом и субдолготные разломы северо-восточного фланга Алдано-Станового геоблока, формирующие надвиговую и блоково-складчатую структуру Кыллахской и Сетте-Дабанской зон, также являются сейсмоактивными.

Заключение

В работе получены новые данные, позволяющие детализировать сейсмотектоническую модель земной коры Верхояно-Колымской орогенной области, которая является одним из сейсмоактивных регионов России. В результате анализа закономерностей размещения землетрясений установлено, что очаги крупных ($M > 5$) землетрясений контролируются структурными элементами кристаллического фундамента ВКОО, в частности, подчинены его блоковой структуре и межблоковым разломам. К наиболее активно сейсмогенерирующим тектоническим нарушениям консолидированной земной коры ВКОО следует отнести Восточ-

новерхоянскую сутуру, разграничивающую Верхоянский и Колымо-Омолонский геоблоки, и Центральный разлом Адыча-Нерского мегаблока.

Наиболее сейсмоактивной в настоящее время является центральная часть зоны Восточноверхоянской сутуры. В зоне её влияния в пределах Адыча-Нерского мегаблока зарегистрирована серия землетрясений с $M > 5$, самое сильное среди которых — Андрей-Тасское (22.06.2008 г., $M = 6,1$) с глубиной очага 18 км, а восточнее Андрей-Тасского землетрясения в пределах Колымо-Омолонского геоблока произошло сильное Абыйское (14.02.2013 г., $M = 6,9$) землетрясение интенсивностью до 8 баллов с глубиной очага 14 км.

Тектонические нарушения Адыча-Нерского мегаблока имеют северо-западное простирание, аналогичное Восточноверхоянской сутуре, разграничивающей Северо-Азиатский кратон и Колымо-Омолонский микроконтинент. Это позволяет предположить формирование структуры Адыча-Нерского мегаблока в условиях мезозойской коллизии Северо-Азиатского кратона и Колымо-Омолонского микроконтинента. Процесс взаимодействия последних, по-видимому, продолжается и в настоящее время, что вызывает формирование в земной коре полей тектонических напряжений и их разрядку посредством землетрясений.

Литература

1. Шибяев С. В., Петров А. Ф., Маккей К. Д., Козьмин Б. М., Петрунин С. В., Пересыпкин Д. М., Старкова Н. Н., Тимиршин К. В. Сильное Абыйское землетрясение 2013 года на границе Евразийской и Северо-Американской литосферных плит на Северо-Востоке Якутии / Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России. Якутск: СВФУ. 2014. С. 58.
2. Новейшая тектоника, геодинамика и сейсмичность Северной Евразии / Под ред. А. Ф. Грачева. М.: Изд-во «Пробел», 2000. 487 с.
3. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Отв. ред.: Л. М. Парфенов, М. И. Кузьмин. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.
4. Козьмин Б. М. Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. М.: Наука, 1984. 127 с.
5. Имаева Л. П., Козьмин Б. М., Имаев В. С. Динамика сейсмогенных структур Индигиро-Колымского (Охотского) сегмен-

та зоны хр. Черского // Отечественная геология. 2012. № 5. С. 55–61.

6. Имаева Л. П., Козьмин Б. М., Имаев В. С. Сейсмоструктура северо-восточного сегмента зоны хр. Черского // Отечественная геология. 2009. № 5. С. 94–100.
7. Имаева Л. П., Козьмин Б. М., Имаев В. С. Динамика очаговых зон сильных землетрясений северо-восточного фланга Момо-Селенныхских впадин // Отечественная геология. 2011. № 5. С. 113–119.
8. Стогний Г. А., Стогний В. В. Строение литосферы Верхояно-Колымской орогенной области // Отечественная геология. 2000. № 5. С. 41–44.
9. Бабешко В. А., Евдокимова О. В., Рядчиков И. В., Лозовой В. В., Федоренко А. Г., Колесников М. Н., Телятников И. С., Грищенко Д. В., Шиликин А. А., Уафа С. Б., Власова М. С., Смирнова М. В. Развитие новых наукоемких методов мониторинга и прогноза состояния территорий в сейсмоопасных и оползнеопасных зонах // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2013. № 3. С. 13–20.
10. Стогний Г. А., Стогний В. В. Геофизические поля восточной части Северо-Азиатского кратона. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2005. 174 с.
11. Ваццлов Ю. Я., Гайдай Н. К., Зимникова Т. П., Лучинина А. В., Любомудров В. В., Постникова В. В., Сахно О. В. Различия в глубинной структуре магматогенных антиклинальных поднятий в районах с развитым и редуцированным «гранитным» слоем (Северо-Восток России) // Астеносфера и литосфера Северо-Востока России (структура, геокинематика, эволюция). Магадан: СВКНИИ ДВО РАН. 2003. С. 43–62.

References

1. Schibaev S. V., Petrov A. F., Mackey K. D., Koz'min B. M., Petrunin S. V., Peresypkin D. M., Starkova N. N., Timirschin K. V. Sil'noe Abyjskoe zemletrajsenie 2013 goda na granitse Evrazijskoj i Severoamerikanskoj litosfernykh плит na Severo-Vostoke Yakutii [Strong Abyskiy earthquake of the 2013 year on the border of Eurasia and North-America lithosphere plates on the North-East Russia]. In *Geology and mineral resources of the North-East Russia*. Yakutsk, SVFU, 2014, p. 58. (In Russian)
2. Grachev A. F. (Ed.) *Noveyschaja tektonika, geodinamika i sejsmichnost' Severnoj Evrazii* [Modern tectonics, geodynamics and seismicity of the North Eurasia]. Moscow, Probel Publ., 2000, 487 p. (In Russian)
3. Parfenov L. M., Kuz'min M. I. (Eds.) *Tektonika, geodinamika i metallogeniya Respubliki*

- Sakha (Yakutiya)* [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the Sakha Republic (Yakutia)]. Moscow, MAIK "Nauka/Interperiodica" Publ., 2001, 571 p. (In Russian)
4. Koz'min B.M. *Seysmicheskie pojasa Yakutii i mekhanizmy ochagov ikh zemletjasenij* [Seismic Range of Yakutia and mechanisms of its earthquake focal]. Moscow, Nauka Publ., 1984, 127 p. (In Russian)
 5. Imaeva L.P., Koz'min B.M., Imaev V.S. Dinamika seysmogennykh struktur Indigiro-Kolymского (Okhotskogo) segmenta zony khr. Cherskogo [Dynamics of seismogenic structures of the Indigirka-Kolyma (Okhotsk) segment of the Chersky Range zone]. *Otechestvennaja geologija*, 2012, no 5, pp. 55–61. (In Russian)
 6. Imaeva L.P., Koz'min B.M., Imaev V.S. Seysmotektonika severo-vostochnogo segmenta zony khr. Cherskogo [Seismotectonics of the north-east segment of the Chersky Range zone]. *Otechestvennaja geologija*, 2009, no 5, pp. 94–100. (In Russian)
 7. Imaeva L.P., Koz'min B.M., Imaev V.S. Dinamika ochagovykh zon sil'nykh zemletryasenij severo-vostochnogo flanga Momo-Selennyakhskikh vpadin [Dynamics of focal zones of strong earthquakes on the northeastern side of Moma-Selennyakh basins]. *Otechestvennaja geologija*, 2011, no. 5, pp. 113–119. (In Russian)
 8. Stognij G.A., Stognij V.V. Stroenie litosfery Verkhoyano-Kolymской orogennoj oblasti [Lithosphere structure within the Verkhoyansk-Kolymsky orogenic area]. *Otechestvennaja geologija*, 2000, no. 5, pp. 41–44. (In Russian)
 9. Babechko V.A., Evdokimova O.V., Ryadchikov I.V., Lozovoy V.V., Fedorenko A.G., Kolesnikov M.N., Telyatnicov I.S., Grichenko D.V., Shishkin A.A., Uafa S.V., Vlasova M.S., Smirnova M.V. Razvitie novykh naukoomkikh metodov monitoringa i prognoza sostojaniya territoriy v seysmoopasnykh i opolzneopasnykh zonakh [The development of the new science intensive methods of the territories condition in seismic- and landslide-dangerous areas monitoring and forecast]. *Ekologicheskij vestnik nauchnykh tsentrov Chernomorskogo ekonomicheskogo sotrudnichestva*, 2013, no. 3, p. 13–20. (In Russian)
 10. Stognij G.A., Stognij V.V. *Geofizicheskiye polja vostochnoj chasti Severo-Asiatskogo kratona* [Geophysical fields of North-Asia Eastern part craton]. Yakutsk, Sakhapoligrafisdat Publ., 2005, 174 p. (In Russian)
 11. Vashilov Yu.Ja., Gajdaj N.K., Zimnikova T.P., Luchinina A.V., Liubomudrov V.V., Postnikova V.V., Sakhno O.V. Razlichija v glubinnoj structure magmatogennykh antiklinal'nykh podnjatij v rajonakh s razvitym i redutsirovannym "granitnym" sloem (Severo-Vostok Rossii) [Differences in deep structure of the magmatogenic anticlinal uplifts in the areas with development and reduced "granite" layer (North-East Russia)]. *Asthenosphere and Lithosphere of the North-East Russia (structure, geokinematics, evolution)*. Magadan, SVKNII DVO RAN Publ., 2003, p. 43–62. (In Russian)