

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ НОВЕЙШИХ СТРУКТУР НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н.А. Гордеев, Л.А. Сим

Институт Физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва, gord@ifz.ru

Целью данной работы было выявление связи глобальных процессов и локальных источников новейших напряжений, условий формирования новейших структур и их взаимосвязи с полем напряжений Северо-Востока Сибирской платформы. В данной работе применен комплекс методов исследования: использовался структурно-геоморфологический анализ, который позволяет выявить связь рельефа с неотектоническими, в том числе, современными движениями. Для всей изучаемой территории был проведен линеаментный анализ. Линеаменты сопоставлялись с известными разрывными нарушениями. Для установления взаимосвязи глубинных структур с новейшими применено 3D геологическое моделирование. Заключительный геодинамический анализ проводился при помощи метода Л.А. Сим [1991].

Территориально он ограничен междуречьем: р. Оленек, р. Лена; и Верхоянским хребтом, поэтому далее в работе, для краткости территорию исследования будем называть Лено-Оленекское междуречье (рис. 1). Оно приурочено к северным регионам Якутии, на северо-востоке Сибирской платформы.

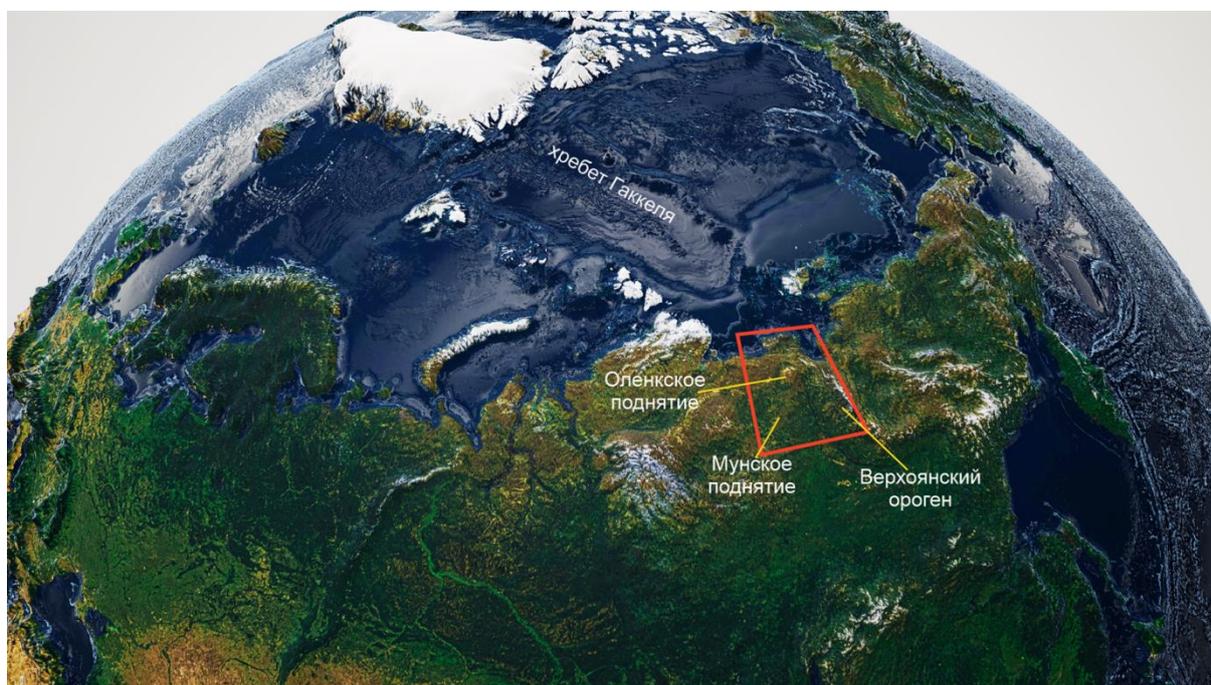


Рис. 1. Район исследования, красный четырехугольник

В геологическом строении принимают участие породы от Рифея до кайнозойских включительно. Есть выступы протерозойского фундамента. В тектоническом отношении исследуемый район находится на северо-востоке древней Сибирской платформы. Он приурочен к трем платформенным структурам – Оленекскому и Мунскому поднятиям – на севере с Лено-Анабарским прогибом, а на востоке с Предверхоянским прогибом. Все указанные структуры разновозрастные. Если Оленекское поднятие образовалось в начале палеозоя (после кембрия) в каледонскую эпоху складчатости, то прогибы Лено-Анабарский и Предверхоянский мезозойскими, образовавшимися в киммерийскую эпоху складчатости.

Методика

В работе применяется ряд методик, это Структурно-геоморфологический метод, основанный на анализе рельефа и четвертичных отложений, в основе которого строятся геолого-геоморфологические профили. По ним выделяются структурные уступы – поверхности выравнивания, как результат – структурно-геоморфологическая карта [Макаров, 1997]; 3D

геологическое моделирование основано на сборе скваженных данных и обработке в среде ArcGIS и RMS ROXAR [ALOS, geodisaster.ru], как результат – структурная модель; Линеаментный анализ [Полетаев, 2001] основан на статистическом определении максимумов из большого количества материалов, будь то трещины, оси напряжений или разломы; метод реконструкции сдвиговых неотектонических напряжений основан на дешифрировании мегатрещин – мелких прямолинейных элементов рельефа, и их группировании по палетке Гзовского, что в результате дает нам кинематику разрыва ориентировку максимального сжатия и растяжения. На нем остановимся подробнее.

Метод реконструкции сдвиговых тектонических напряжений [Sim, 1991] (структурно-геоморфологический метод) базируется на анализе закономерно ориентированных оперяющихся разрывов в зоне динамического влияния сдвигов, откартированных при полевом изучении и при моделировании сдвигов, обобщенных М.В. Гзовским. Фактическим материалом для этого метода служат данные дешифрирования линеаментов – предполагаемых сдвигов и мелких прямолинейных элементов рельефа (мегатрещин) вблизи него. Если их взаимные ориентировки как между собой, так и по отношению к линеаменту соответствуют ориентировкам оперяющихся разрывов в зоне сдвигов, то определяются горизонтальные ориентировки осей сжатия и растяжения, направление сдвигового перемещения по разлому и геодинамическая обстановка формирования разлома (дополнительного сжатия или растяжения). Возраст восстановленных структурно-геоморфологическим (СГ) методом стресс-состояний принимается за новейший и современный из-за выраженности мегатрещин в новейших и четвертичных отложениях. На рис. 2 показаны основные типы взаимных ориентировок оперяющихся разрывов и осей сдвиговых тектонических напряжений [Гзовский, 1975] которые можно восстановить предлагаемым методом.

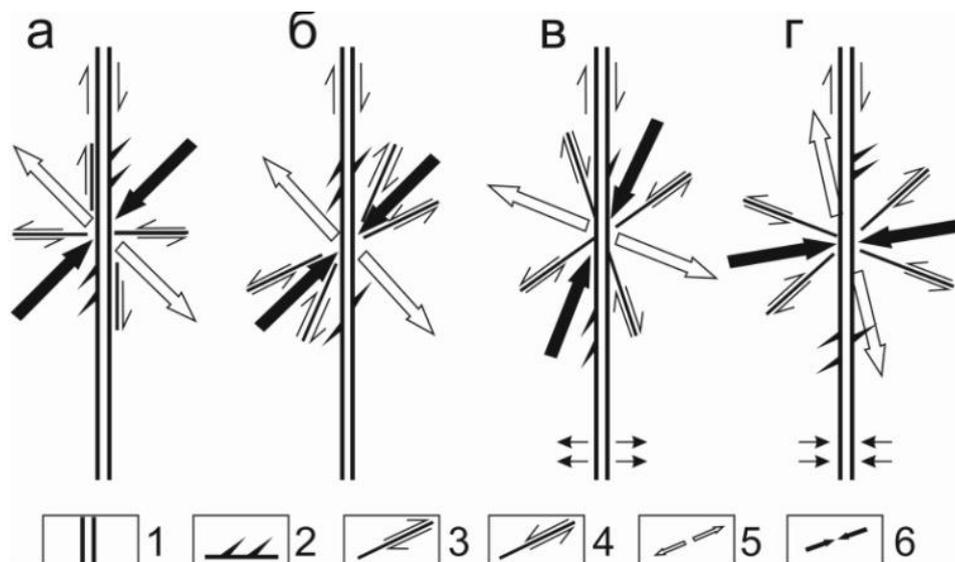


Рис. 2. Парагенезис оперяющихся трещин в зоне сдвига [Гзовский, 1975], или «палетка Гзовского»
 Варианты напряженного состояния при углах скалывания: близких к 45° (а), $<45^\circ$ (б); обстановки дополнительного растяжения (в) и сжатия (г) – показаны в нижней части разломов стрелками, нормальными к плоскости разлома.
 1 – разлом; 2 – трещина отрыва; 3, 4 – сколы с правой (3) и левой (4) сдвиговой кинематикой; 5, 6 – ориентация осей растяжения (5) и сжатия (6) в горизонтальной плоскости

Сотрудниками ИФЗ РАН разработан и успешно применяется программный пакет “SimSGM”. Реализован способ автоматического применения структурно-геоморфологического метода Л.А. Сим [Сим, 1991] [Гордеев, 2019]. Основной идеей при автоматизации дешифрирования является применение алгоритмов компьютерного зрения. На настоящий момент доступны дешифрирование карт высот, ручное дешифрирование с автоматической классификацией по Гзовскому, автоматический анализ спутниковых снимков. Программа находится на этапе усовершенствования.

Неотектоническое строение северо-востока Сибирской платформы и обрамления

Новейшими структурами северного окончания Сибирской платформы являются Верхоянский ороген, Оленекское поднятие, кряж Чекановского, который плавно переходит в ступенеобразные поднятия и дельту реки Лена. Все структуры рассечены новейшими и реактивизированными в новейший этап разрывами. Разрывные структуры повторяют и облекают новейшие структуры. Новейшее поднятие состоящее из ступене-образных поднятий маркирует большой выступ в

дочетвертичных отложениях, оконтуривается системой разломов, уходящих в шельф (рис. 3). В новейший этап являются не унаследованными структурами так как по 3D цифровой модели видно, что кряж Чекановского и ступенеобразные поднятия не наблюдаются в фундаменте.

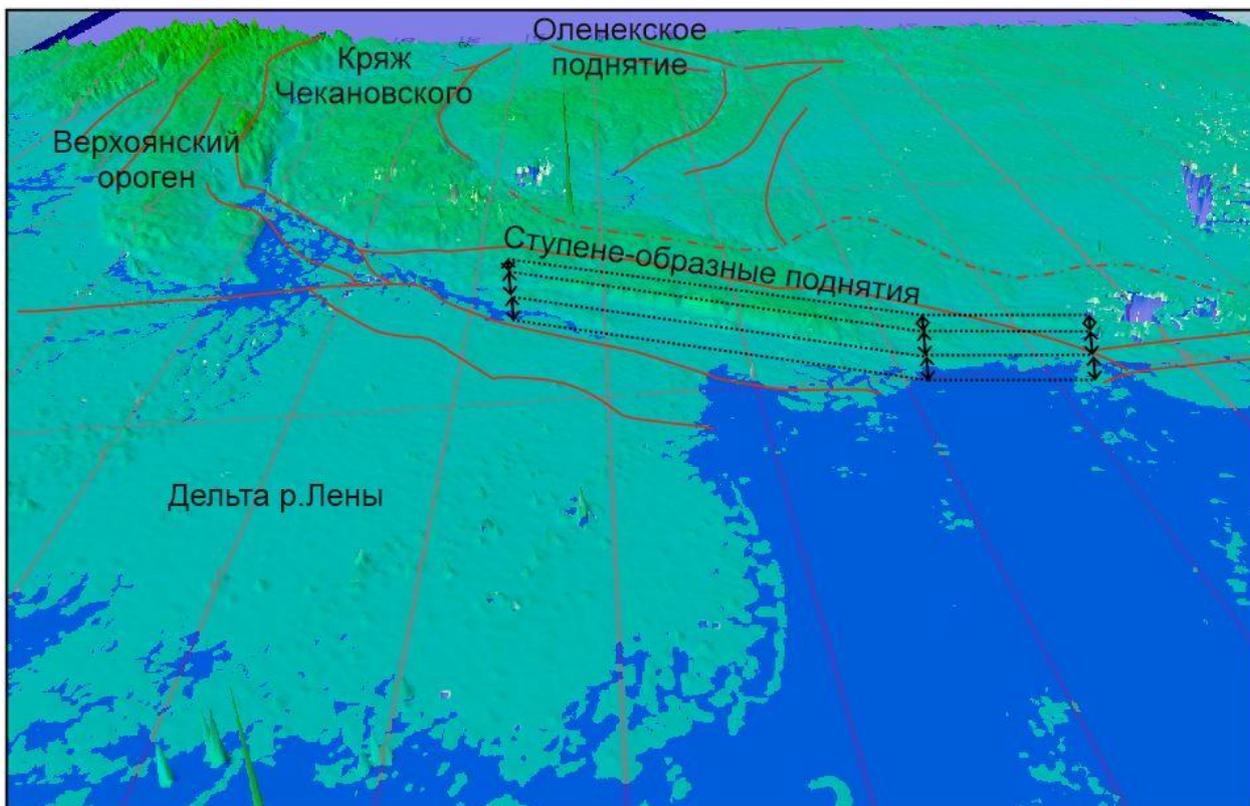


Рис. 3. 3D-геологическая модель рельефа.. Красные линии – разрывы, пунктиром – погребенные разрывы. Север схемы находится «внизу»

Нами были выявлены основные элементы новейшей структуры. Было установлено, что неотектонические структурные планы северной и южной части исследуемой территории в значительной степени отличаются. В северной части основной структурой является Оленекское сводовое поднятие, росту и развитию которого подчиняются Келимьярский и Бурский прогибы. На северо-востоке территории выделено новейшее поднятие Кряжа Чекановского. В строении южной части установлена субмеридиональная зональность новейших поднятий-ступеней, которые последовательно снижаются с запада и востока к Ленскому прогибу. В пределах центральной части района исследования выделены структуры Оленекского поднятия, Мунско-Суханское, Мунско-Сюнгюдинское и другие поднятия. Новейшие прогибы заняты речными долинами. Они разделяют новейшие поднятия. Впервые для этой территории построена детальная неотектоническая схема (рис. 4), на которой показаны главнейшие тектонические структуры.

Крупные структурные единицы разделены более мелкими группами брахиоморфных поднятий внутри крупных поднятий, а во впадинах активно развивается меандрирующая эрозионная сеть. Особенно четко выделяются три неотектонические структуры, такие как Оленекский свод, Мунское (Куойско-Суханское+Мунско-Сюнгюдинское поднятия) и северо-западное окончание Верхоянского хребта. Эти структуры являются рельефообразующими, так как все остальные новейшие структуры стремятся принять конформное строение, относительно трех перечисленных.

Далее в тексте в описании геодинамических реконструкций будет отдельно определено напряженное состояние каждой из структур.

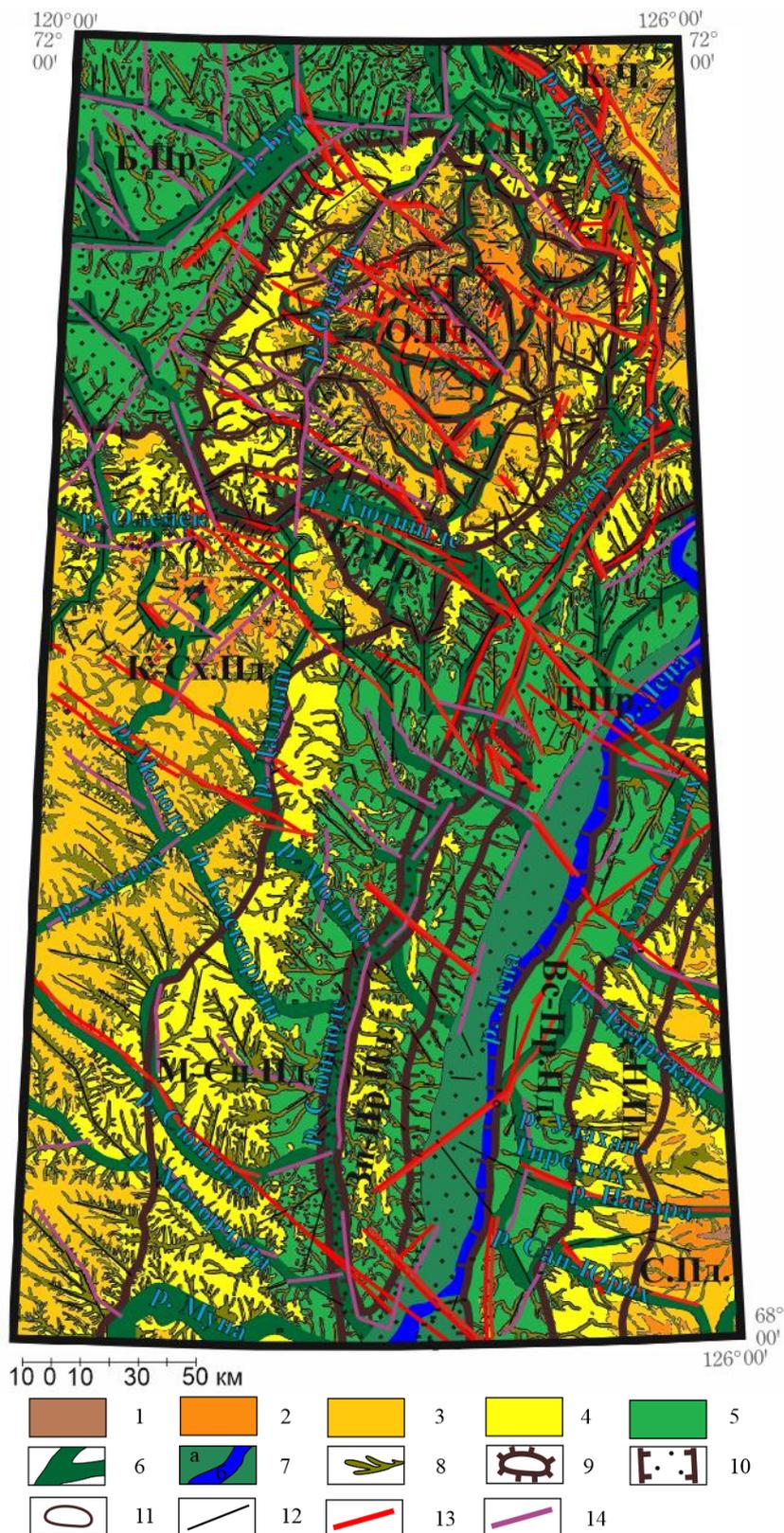


Рис. 4. Карта новейшей тектоники Северо-Востока Сибирской платформы, масштаба 1:500 000. Составили: Суханова Т.В., Гордеев Н.А.

1-5 – I Амплитуды поднятий (в метрах): 1 – 450-500; 2 – 350-450; 3 – 250-350; 4 – 150-250; 5 – 10-150; 6-8 – II Формы рельефа: 6 – долины крупных рек; 7 – а) пойма реки и б) русло р. Лена; 8 – эрозийная сеть; 9-12 – III Новейшие структуры: 9 – основные поднятия; 10 – основные прогибы; 11 – локальные поднятия; 12 – линеаменты; 13-14 – IV Структуры донетектонические: 13 – разрывные нарушения; 14 – современные разрывные нарушения, дешифрируемые геоморфологическими методами. Буквами обозначены: в северной части: О.Пд. – Оленекское поднятие, К.Ч. – Кряж Чечановского, Б.Пр. – Бурский прогиб, К.Пр. – Келимярский прогиб, Кт.Пр. – Кютингдинский прогиб; в южной части: К-Сх.Пд. – Куойско-Суханское поднятие, М-Сн.Пд. – Мунско-Сюнгюдинское поднятие, Зп-Пр.Пд. – Западно-Приленское поднятие, Л.Пр. – Ленский прогиб, Вс-Пр.Пд. – Восточно-Приленское поднятие, Д-Н.Пд. – Джарджан-Натарское поднятие, С.Пд. – Собопольское поднятие

Геодинамические реконструкции

Схема геодинамики всего района исследования 1: 1 000 000 масштаба (рис. 5) показывает основные закономерности формирования общего поля напряжения. Полученный результат по региональному субмеридиональному сжатию подкрепляется диаграммами разрывов и линеаментов, мегатрещин, так как центральный максимум осей сжатия лежит в створе острого угла мегатрещин, и по касательной $35-45^\circ$ к главному простиранию по разломам.

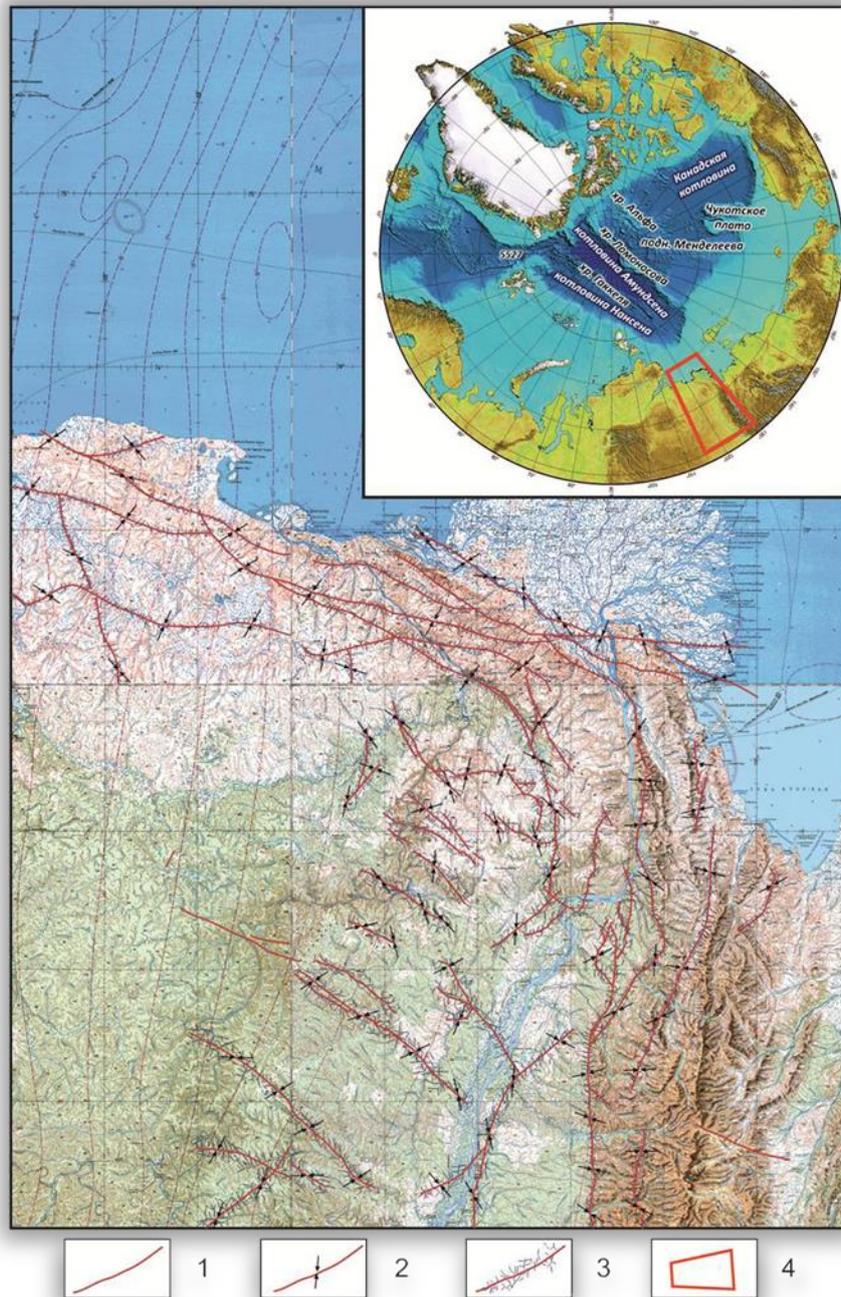


Рис. 5. Общая схема напряжений на весь район исследований масштаба 1:1 000 000. На топографической подложке того же масштаба.

1 – разрывы ; 2 – главные оси сжатия (в горизонтальной плоскости); 3 – мегатрещины, в области разрыва; 4 – район исследований на врезке со структурной схемой и рельефом в полярной проекции

Если рассматривать территорию с севера на юг, то становится заметна некоторая зональность. 1 зона это северная часть, включающая в себя Кряж Чекановского, ориентировки осей сжатия по большей части простираются на северо-восток, подчеркивая наведенный механизм воздействия раскрытия Хребта Гаккеля, и формирование грабенов в шельфе моря Лаптевых. 2 зона это Оленекское поднятие, Кряж Чекановского и впадины Бурская, Келемярская и Кютингдинская. Здесь главной структурой является Оленекское поднятие, развитию которого подчинены остальные

перечисленные структуры, это видно по ориентировкам осей сжатия, они расположены радиально-концентрически вокруг поднятия и хаотично в областях впадин. Зона это Мунское поднятие, Верхоянский ороген и Приленская впадина. Все структуры этой зоны вытянуты субмеридионально и формируют собой ансамбль ступенчатых поднятий, которые постепенно снижаются к руслу р. Лена, а со стороны Мунского поднятия формируют собой куэстообразные вытянутые поднятия, подчеркивая главенствующую роль развития современного Верхоянского хребта. Помимо перечисленных фактов рельефообразующих факторов можно подчеркнуть общую тенденцию расположения осей сжатия вдоль Верхоянского хребта, они с большей степенью выстраиваются субширотно.

Выводы

Неотектонические напряжения на северо-восток Сибирской платформы охарактеризованы, как сдвиговое, субмеридиональное сжатие в горизонтальной плоскости.

Последний орогенический этап Верхоянского хребта имеет рельефообразующую роль на восточной окраине Сибирской платформы.

Влияние Арктического спрединга не распространяется дальше Кряжа Чекановского вглубь Сибирской платформы.

Оленекский свод имеет внутриплатформенный источник напряжения и имеет также, как Верхоянский хребет – рельефообразующую роль.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гзовский М.В.* Основы тектонофизики. М. : Наука. 1975. 375 с.
2. *Гордеев Н.А., Молчанов А.Б.* Решение задачи по автоматизации структурно-геоморфологического метода реконструкции неотектонических напряжений Л.А. Сим // Молодежная научно-практическая конференция XVI конференция студенческого научного общества "Современные исследования в геологии". Санкт-Петербург. Россия. 26-28 октября 2018. С. 9–11.
3. *Макаров В.И.* Некоторые проблемы изучения новейшей тектоники платформенных территорий (на примере Русской плиты) // Разведка и охрана недр. 1997. №1. С. 20–26.
4. *Полетаев А.И.* Линеаментный метод // Экологический вестник. 2001. № 3. С. 12–28.
5. *Сим Л.А.* Изучение тектонических напряжений по геологическим индикаторам (методы, результаты, рекомендации). Изв. вузов. геол. и разв. / Сим Л.А. 1991. № 10. С. 3–22.
6. *Сим Л.А., Маринин А.В., Брянцева Г.В., Гордеев Н.А.* Результаты изучения тектонических напряжений в регионах Северной Евразии // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9, (3). С. 771–800. doi:10.5800/GT-2018-9-3-0371.
7. geodisaster.ru
8. www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en