

УДК 551.24

## НОВЫЙ ПОДХОД К ТЕКТОНИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ ПРИАМУРЬЯ ПО ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ РАЗЛОМОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

© 2001 г. С. И. Шерман, член-корреспондент РАН А. П. Сорокин, А. В. Черемных

Поступило 13.07.2001 г.

Особое геодинамическое положение Приамурья в пограничной территории сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов, определяющую роль в которой играют крупнейшие разломы литосферы – Становой на севере и Северо- и Южно-Тукурингский в центральной части Приамурья, требуют комплексного аргументированного подхода к проблемам его тектонического районирования и решения на этой базе других вопросов. Для рассматриваемого пограничного региона характерно сложное сочетание различных структурно-тектонических и морфогенетических комплексов, строение и состав которых отражают геодинамические условия их формирования [1]. Наибольшую тектоническую трансформацию регион испытал в мезозойско-кайнозойское время в связи с тектономагматической активизацией. Ее следствием явились формирование прогибов Монголо-Охотской и Сихотэ-Алинской систем, Зейско-Буреинской плиты и морфоструктур более низких иерархических уровней, в том числе Станового, Тукурингра-Джагдинского, Буреинского, Туранского сводово-глыбовых поднятий и серии впадин, наиболее крупная из которых Зейско-Буреинская (рис.1) [2]. Тектоно-магматическая активизация дала мощный импульс к очередной реактивизации крупнейших линеаментных зон – Байкальской, Становой и Монголо-Охотской – и образующих их трансрегиональных разломов: Станового, Северо- и Южно-Тукурингских, Западно-Туранского и др. В результате неоднократных активизаций территории, особенно на последнем мезозойско-кайнозойском этапе, сеть разломов сгустилась и усложнилась. Разломы разных иерархических рангов стали одновременно и границами боль-

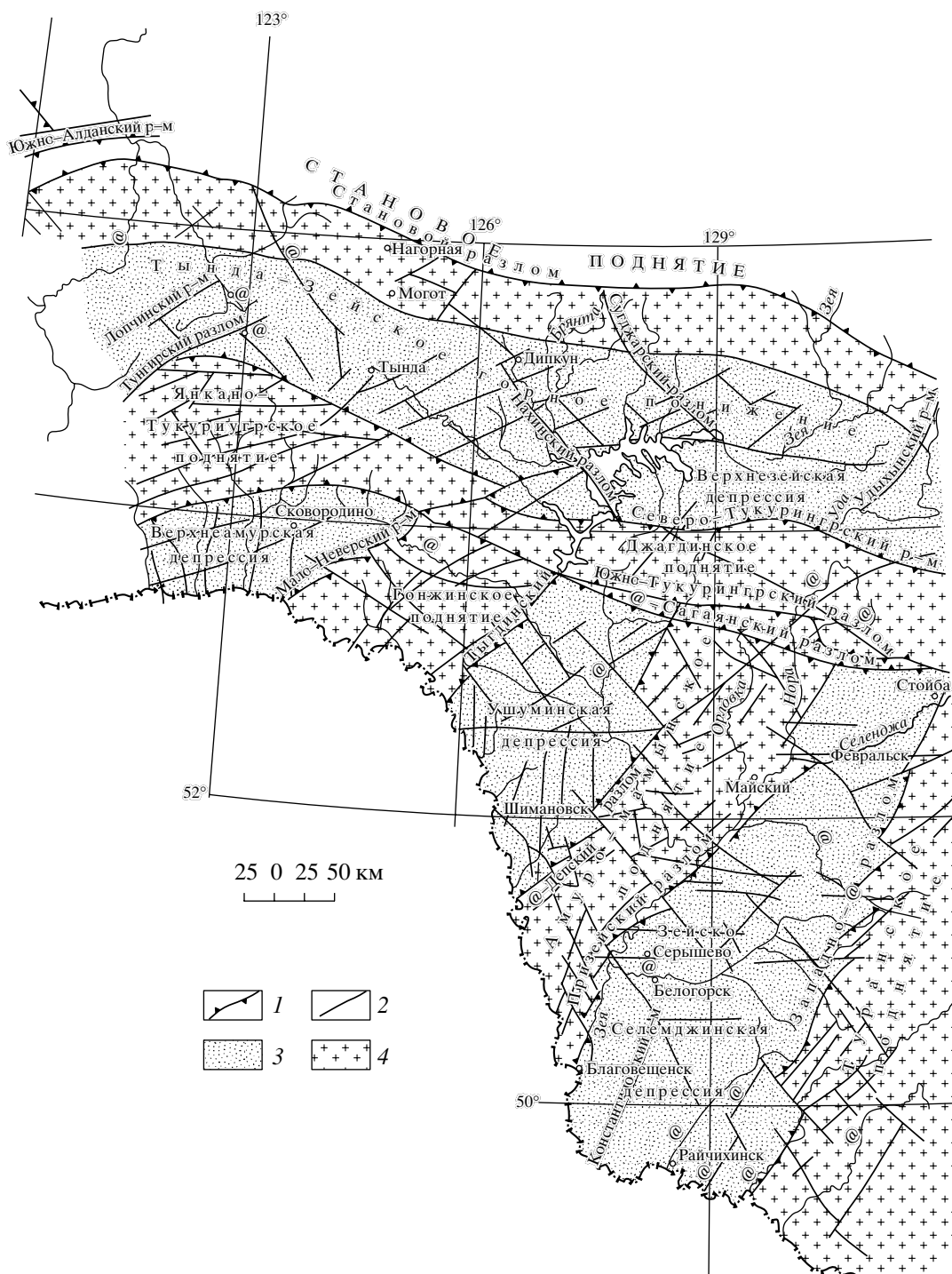
шинства тектонических и морфотектонических структур [1]. Отмечается временная и латеральная упорядоченность проявления разломной тектоники [3]. Последнее обстоятельство, подтверждаемое рядом других публикаций о влиянии разломной тектоники на широкий комплекс геолого-геофизических и инженерно-геологических процессов, дало основание авторам ввести новый принцип тектонического районирования Приамурья. В его основе лежит идея использования структурной самоорганизации разломной сети при тектоническом районировании. В работах [4, 5 и др.] весьма успешно использованы подобные подходы к тектоническому районированию, которые привели к плодотворным результатам.

Разломы Приамурья достаточно детально изучены геологическими и геофизическими методами. При проведении исследований за основу была взята геолого-структурная карта восточной части Байкало-Амурской магистрали (масштаб 1 : 500000), составленная с применением геофизических методов, дополненная другими детальными разрезами и картами. Сеть разломов (рис. 2) может рассматриваться как упорядоченная хаотическая структура, каждый элемент которой имеет конечную длину и определенное направление. Распределение этих элементов-разломов на местности отражает степень деформации геологического субстрата и, следовательно, согласуется с тектоническим районированием. Современный математический анализ разломной сети наиболее целесообразно провести на базе фрактальной геометрии Б. Мандельброта [6]. Она позволяет оценить структурную организацию разломной сети через ее фрактальную размерность, а ее изменения дадут основание для тектонического районирования.

В общей сложности для расчетов использованы данные о 3844 разломах (см. рис. 2). Для их обработки совокупность разломов Приамурья была переведена в машиночитаемую форму. Расчеты проведены по уравнению [6]

$$N_i = aR^D,$$

*Институт земной коры Сибирского отделения  
Российской Академии наук, Иркутск  
Отделение региональной геологии и гидрогеологии  
Амурского научного центра  
Дальневосточного отделения  
Российской Академии наук, Благовещенск*



**Рис. 1.** Схема основных позднемезозойско-кайнозойских морфоструктур и главнейших разрывных нарушений Приамурья [2]. 1 – структурные швы; 2 – разрывные нарушения; 3 – депрессии; 4 – поднятия.

где  $D$  – фрактальная размерность,  $N_i$  – количество разрушенных пикселей,  $R$  – размер системы в единицах размера пикселей, используемых при  $i$ -итерации.

При расчетах пиксел считался разрушенным, если разрыв, попадающий в его пределы, был больше или равен стороне пикселя. Оценка

фрактальной размерности производилась “автоматически” по программе “Фрактал”, составленной в лаборатории тектонофизики Института земной коры.

Фрактальная размерность по всей совокупности сети разломов территории Приамурья равна

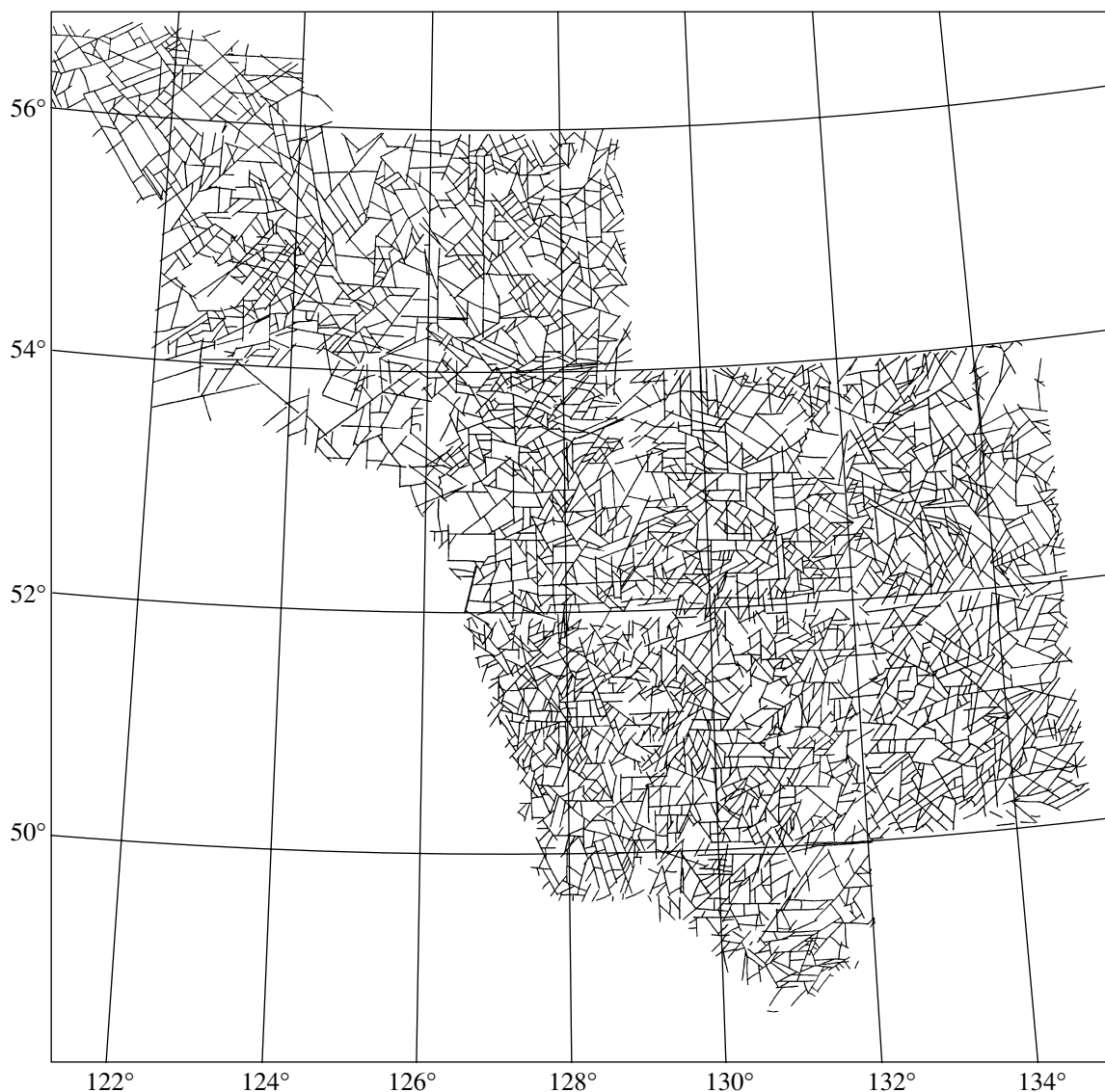


Рис. 2. Сеть разрывов Приамурья, использованная при расчетах фрактальных размерностей.

$1.55 \pm 0.01$ . Даже визуальный анализ карты показывает неравномерное по площади распределение разрывов различных иерархических уровней. Исходя из определяющей роли основных разломов Приамурья, изучаемая площадь была разбита на три территории, контролируемые принципиально различными зонами разломов: 1) территория севернее Тукурингрских разломов, где ведущую роль играет Становой разлом; 2) собственно зона влияния Тукурингрских разломов; 3) территория южнее Тукурингрских разломов. Для каждой из них была подсчитана фрактальная размерность, значения которой приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что фрактальная размерность к северу от Тукурингрских разломов несколько ниже по значениям, чем собственно зона

разломов и территория к югу от них. Однако в целом значения фрактальной размерности выделенных территорий и всей площади исследований существенно не отличаются. Это отражает одинаковую степень тектонической деформации региона в мезо-кайнозой. Следовательно, главные домезо-кайнозойские мегадизъюнктивные структуры региона в равной степени оказывают влияние на региональную и локальную деструкцию коры или литосферы в целом.

Для более детального анализа изучена фрактальная размерность сети разломов в пределах основных позднемезозойско-кайнозойских морфоструктур (рис. 1). Площадь исследований была разделена на прямоугольные контуры, соответствующие главнейшим морфоструктурам. В их

Таблица 1

Территория	Фрактальная размерность
Зона динамического влияния Тукурингрских разломов	$1.55 \pm 0.04$
Территория к северу от зоны Тукурингрских разломов (Становая область)	$1.48 \pm 0.02$
Территория к югу от зоны Тукурингрских разломов	$1.54 \pm 0.02$

пределах рассчитывалась фрактальная размерность разломной сети (табл.2).

Существенного отличия в значениях фрактальной размерности сети разрывов в пределах впадин и поднятий не наблюдается, хотя некоторые морфоструктуры уже значительно отличаются по степени структурной сложности распределения разломов в пределах территории.

Наиболее высокие значения фрактальной размерности наблюдаются для Амура-Мамынского

и Туранского поднятий, а также для Тынды-Зейского межгорного понижения и Зейско-Селемджинской депрессии. Тенденция в вариациях фрактальной размерности при делении территории на более мелкие таксоны дает основание для более детального ее расчленения. С этой целью проведена третья серия пространственного деления территории на квадратные площадки с размером стороны 40 км. Принятые размеры стороны квадрата примерно в 4 раза меньше средних размеров главнейших морфоструктур. Результаты исследований приведены на рис. 3, на котором распределение фрактальной размерности сети разломов Приамурья показано в изолиниях равных значений. Как говорилось выше, фрактальная размерность характеризует структурную сложность геометрии сети разломов. Структурная сложность сети разломов обусловлена их количеством, длиной и пространственным расположением в пределах заданных контуров. При сравнении рис. 3 с сетью основных разломов территории (рис. 1) замечено, что повышенные значения фрактального показателя локализуют-

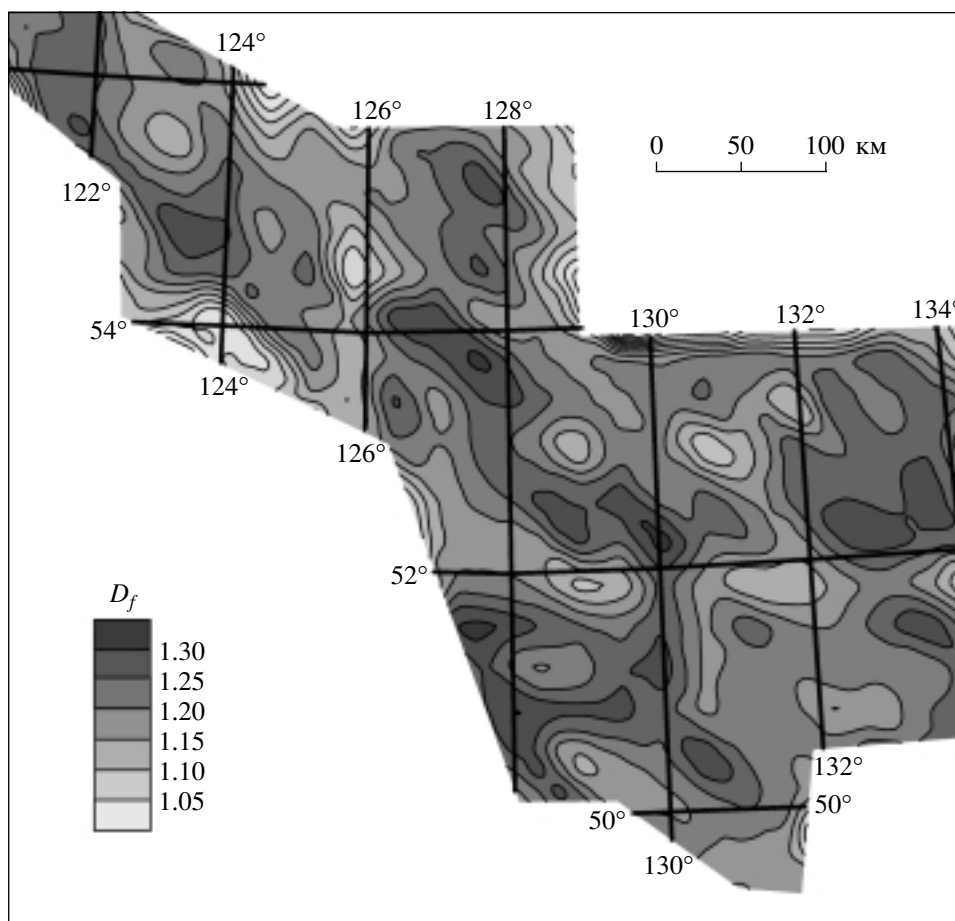


Рис. 3. Схема районирования территории по фрактальной размерности; шкала  $D_f$  – фрактальная размерность разломов.

ся вдоль крупных региональных разломов и в узлах их пересечения. Однако некоторые максимумы не находят подтверждения в сети основных разломов территории. Следует вспомнить, что для изучения регулярности разломной тектоники нами использованы данные, в том числе и геофизических методов, которые отражают и скрытые разрывы, не закартированные традиционными геологическими методами.

По степени относительной разломно-блоковой деструкции территория Приамурья представляет собой сложную дискретно-волновую структуру. Повышенные значения фрактальной размерности указывают местоположение крупных разломов с развитой инфраструктурой, зон сочленения региональных разрывов и зон формирующихся скрытых, латентных дизъюнктивов, которые прослеживаются по цепочкам максимумов. Максимумы фрактальной размерности показывают области повышенной трещиноватости и пересечения разрывов, участки со сформировавшейся иерархической сетью разрывов или весьма сложным ее структурным рисунком.

Таким образом, площадное распределение фрактальной размерности показывает, что структурная организация разломной сети, тесно связанная с тектонической деформацией, дает основание для принципиально нового районирования территории. Принятый подход четко выделяет отдельные разломы и узлы их пересечений – площади повышенной деформации, в пределах которых существенно понижены прочностные свойства среды, повышена ее проницаемость и снижена стабильность. Подобный подход к районированию следует рекомендовать для регионов мезозойско-кайнозойской и кайнозойской активизации.

Таблица 2

Территория	Фрактальная размерность
Становое поднятие	1.44 ± 0.01
Тында-Зейское межгорное понижение	1.48 ± 0.02
Янкано-Тукурингское поднятие	1.29 ± 0.02
Джагдинское поднятие	1.39 ± 0.01
Верхнеамурская десперссия	1.14 ± 0.01
Годжинское поднятие	1.19 ± 0.01
Ушумунская десперссия	1.37 ± 0.04
Амуру-Мамыньское поднятие	1.48 ± 0.01
Зейско-Селемжинская десперссия	1.49 ± 0.02
Туранское поднятие	1.47 ± 0.01

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 01–05–64485, 01–05–06056) и Интеграционного проекта ИГ СО РАН-27.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев В.В., Врублевский А.А., Ахмадулин В.А., Кузнецов В.Е. Геодинамика и сейсмическое районирование материковой части Дальнего Востока. Владивосток, РАН, 2000. 90 с.
2. Сорокин А.П., Готов В.Д. Золотоносные структурно-вещественные ассоциации Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1997. 304 с.
3. Врублевский А.А. Разломы и их роль в эволюции покровно-складчатых систем Восточной Азии. М.: ВИНТИ, 1991. 295 с.
4. Горяинов И.Н., Грамберг И.С., Казакова В.Е. и др. // ДАН. 1990. Т.315. № 2. С. 446–448.
5. Васильев Л.Н., Качалин А.Б., Моралев В.М., Терехов В.Н. // ДАН. 1994. Т. 334. № 6. С. 718–722.
6. Mandelbrot B.B. The Fractal Geometry of Nature. N.Y., 1982. 121 p.