

## ПРИПОВЕРХНОСТНАЯ ТРЕЩИНОВАТОСТЬ В МОРФОСТРУКТУРЕ ОНЕЖСКОГО МЕГАВАЛА

А. И. Трегуб

*Воронежский государственный университет*

*Поступила в редакцию 22 февраля 2012 г.*

**Аннотация.** В статье приведена характеристика приповерхностной трещиноватости Онежского мегавала. Она получена в результате линеamentного анализа рельефа суши и прилегающей акватории Белого моря. Выводы сопоставлены с данными по морфоструктуре. Подчеркнуто, что на характер отражения приповерхностной трещиноватости в поле линеamentов оказывает влияние геоморфологический ландшафт, а также поле неотектонических напряжений.

**Ключевые слова:** морфоструктура, линеamentный анализ, линеamentы, трещины, неотектоника, тектоника, геодинамика, Онежский полуостров, Белое море.

**Abstract.** In the article the character of shallow cracks of the Onezhsky megabank are presented. It obtained as result of lineament analysis of relief of land and adjoin area of water of the White Sea. Conclusions are comparison with morphostructure dates. It is determined that the geomorphology landscape and neotectonics stress fields have influence on the character of the shallow cracks reflection in the lineament field.

**Key words:** morphostructure, lineament analysis, lineaments, cracks, neotectonics, tectonics, geodynamics, Onezhsky peninsula, White Sea

Основные черты морфоструктуры Онежского полуострова и прилегающих частей дна Белого моря характеризуются тесной связью с более древней тектонической структурой и отчетливой выраженностью на уровне строения земной коры в целом [1–3]. Вместе с тем, соотношение пликативной составляющей морфоструктуры, ее основных структурных линий с полем приповерхностной трещиноватости региона требует дополнительного анализа. При его проведении использованы результаты структурного дешифрирования топографических и батиметрических карт масштаба 1: 500 000. При дешифрировании выделялись в качестве линеamentов спрямленные элементы геоморфологического ландшафта. Преобладающая их длина составляла 5 километров при величине стандартного отклонения 2,5 км. Исходная карта линеamentов подвергалась статистической обработке методом избранных простираций, что позволило выделить главные системы линеamentов по их ориентировке. Для каждой из систем составлены карты плотности линеamentов (рис.). При этом для снятия зависимости этой величины от ландшафтных условий дешифрирования (надводный и подводный рельеф) проведено нормирование плотности по ее среднему значению в пределах морского дна и надводной поверхности.

В целом для региона выделяются шесть главных систем линеamentов, со следующими модальными значениями ориентационных распределений: С 0° (разброс от 356° до 10°); СВ 25° (разброс от 15° до 38°); СВ 46° (разброс от 40° до 70°); З 90° (разброс от 83° до 280°); СЗ 300° (разброс от 295° до 320°); СЗ 325° (разброс от 315° до 340°). В количественном отношении наибольшим распространением по площади пользуются линеamentы системы СЗ – 325° с максимальной плотностью на суше более 4 км/км<sup>2</sup>, а в пределах акватории 1 км/км<sup>2</sup>. На втором месте с такой же максимальной плотностью на суше и на море находятся линеamentы системы СВ 46°, на третьем (с максимальной плотностью на суше 3,75 км/км<sup>2</sup> и на акватории – 0,75 км/км<sup>2</sup>) – система СВ 25°. Существенно меньше развиты линеamentы меридиональной и широтной систем с максимальной плотностью на суше 3.5 км/км<sup>2</sup> (0.75 км/км<sup>2</sup> – на акватории) и 3.0 км/км<sup>2</sup>. (0,5 км/км<sup>2</sup> – в пределах акватории), соответственно. Реже всего встречаются линеamentы системы СЗ – 300°. Их максимальная плотность на суше не выходит за пределы 2.5 км/км<sup>2</sup>, а на акватории – 0.5 км/км<sup>2</sup>. Осевые линии аномалий плотности линеamentов в системах по своей ориентировке часто отклоняются от простираания линеamentов в соответствующей системе и обычно располагаются на определенных расстояниях друг от друга. Для меридиональной (долготной) системы осевые линии аномалий плотности рас-

полагаются субпараллельно с шагом 25–30 км. Их ориентировка в основном совпадает с общим простираем системы. Лишь на отдельных участках отмечаются северо-восточные и северо-западные направления. Осевые линии аномалий плотности линеаментов системы СВ 25° в основном ориентированы по азимуту СВ 40° с шагом 30 и 60 км. Иногда проявляются широтная и меридиональная ориентировки осевых линий. В системе СВ 45° шаг составляет 35–40 км, а ориентировка осей аномалий плотности линеаментов не совпадает с ориентировкой системы. При этом преобладают широтное и северо-западное (290–300°) направления. В широтной системе с расстояниями между осями 25–30 км и 60–70 км основными являются северо-восточная (40°) и северо-западная ориентировки (310–320°) этих осей. В системе СЗ 295–320° оси аномалий плотности линеаментов совпадают с направлением системы и отстоят друг от друга на расстояниях 25–30 км. Для системы СЗ 325° характерно наиболее отчетливое совпадение ориентировки системы с ориентировкой осей аномальной плотности. Эта система отличается и шагом (30–40 км и 80–90 км).

Исходными при интерпретации полученных данных являлись следующие положения:

- линеаменты, как спрямленные элементы геоморфологического ландшафта, представляют вероятностное отражение приповерхностной трещиноватости, причем не всей, а только той части трещин, которые имеют вертикальное или близкое к вертикальному залеганию;

- в основе своей эта трещиноватость принадлежит к литогенетическому типу и имеет планетарный характер;

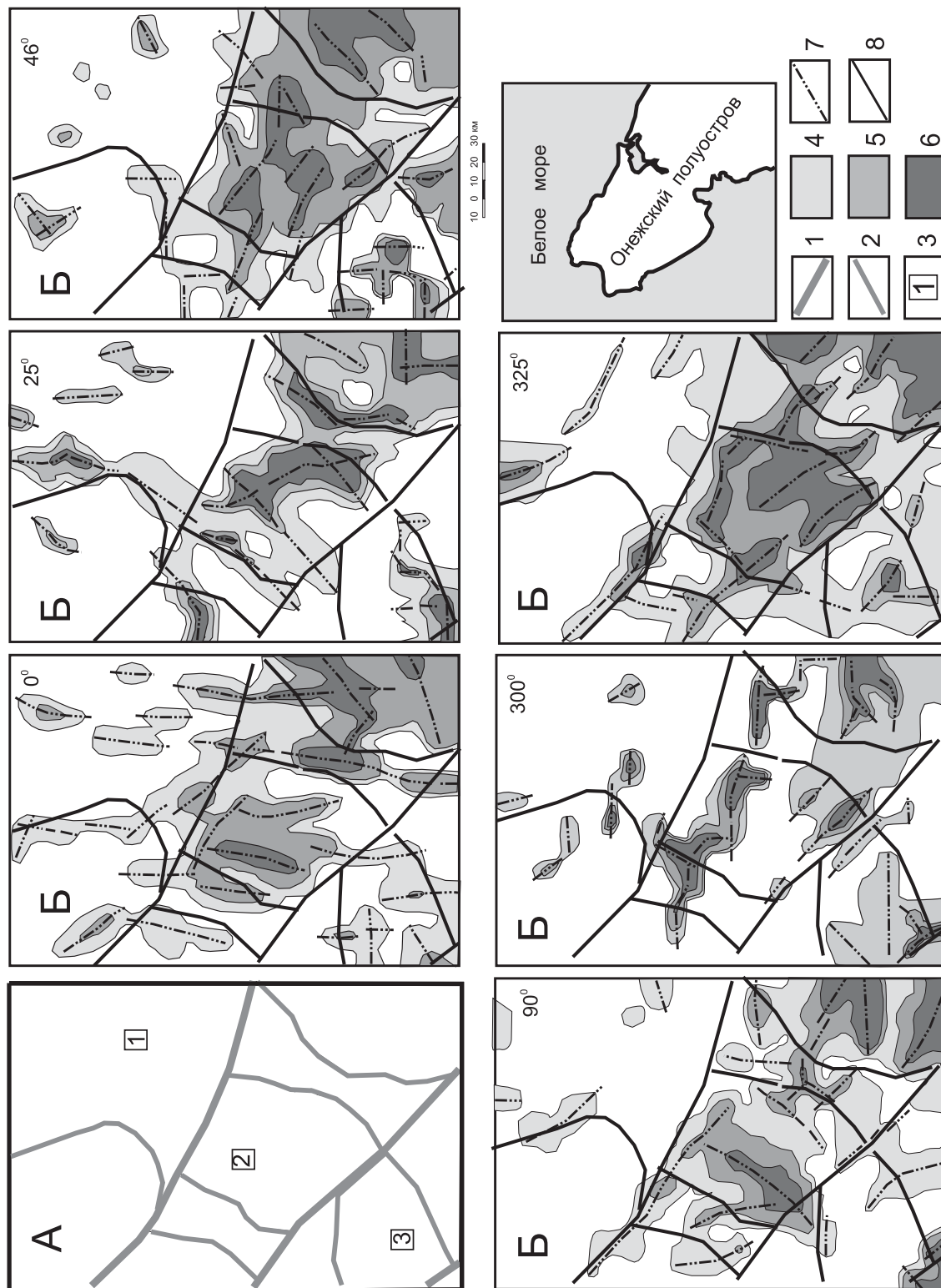
- на отражение трещин в геоморфологическом ландшафте оказывает влияние анизотропия отражающей среды (геоморфологического ландшафта), а также поле неотектонических напряжений.

Первое положение не предполагает полного тождества между линеаментами и трещинами, поскольку последние являются объемными образованиями, характеризуются глубиной проникновения и полным набором элементов залегания, а линеаменты выделяются как поверхностные образования и могут характеризоваться только длиной (реже – шириной) и азимутом простираения. Кроме того, линеаменты, выделяющиеся при дешифрировании изображений земной поверхности, не обязательно функционально связаны с разрывными нарушениями, а отражают их с той или иной степенью вероятности.

Основные свойства линеаментов (способность объединяться в системы по преобладающему простираению, наличие определенного расстояния, отделяющего линеаменты друг от друга в системе, – шага системы) указывают на их связь с трещиноватостью, возникающей в процессе литификации пород, которая происходит в поле приповерхностных напряжений [4], в значительной степени обусловленных ротационными факторами [5]. Поле ротационных напряжений определяет преимущественную ориентировку литогенетических трещин. Величина таких напряжений не велика и в максимуме составляет одну десятимиллионную долю МПа [6]. При этом она убывает от поверхности вглубь литосферы.

Поскольку линеаменты являются вероятностным отражением трещин в геоморфологическом ландшафте, то, как и любое отражение, оно в существенной степени зависит от анизотропии этого ландшафта (от степени «кривизны зеркала»). Анизотропия геоморфологического ландшафта определяется морфоструктурой региона, ее пликативной и дизъюнктивной составляющими. Они, в свою очередь, напрямую зависят от поля неотектонических напряжений.

В морфоструктуре региона отчетливо выделяются Онежский мегавал [1] и ограничивающие его прогибы, осевые линии которых ориентированы в северо-западном направлении – СЗ 315–320°. Они имеют примерно одинаковую ширину (60–70 км в среднем). Эти структурные элементы состоят из структур второго порядка, представленных поднятиями и разделяющими их прогибами, ориентированными в направлении СВ 40–45° [2]. Указанные северо-западное и северо-восточное направления являются главными в ограничениях разновозрастных блоков докембрийского фундамента территории [7]. Поле горизонтальной составляющей неотектонических напряжений для юго-восточной части Онежского полуострова характеризуется преобладающей меридиональной ориентировкой оси сжатия [8]. В таком поле выделенные системы линеаментов и связанной с ними трещиноватости оказываются в различной геодинамической обстановке. Трещины меридиональной системы должны испытывать поперечное растяжение и, как следствие, увеличенную степень зияния, при которой их отражение в поле линеаментов будет более полным. Трещины широтной системы оказываются в обстановке поперечного сжатия, в результате чего степень их отражения в геоморфологическом ландшафте существенно снижена. Для



**Рис.** Соотношение полей линеаментов и основных элементов морфоструктуры Онежского мегавала и прилегающей территории. Условные обозначения: А – схема морфоструктур. Границы морфоструктур: 1 – первого порядка, 2 – второго порядка, 3 – наименование структур первого порядка (цифры в квадратах): 1 – прогиб Двинской губы, 2 – Онежский мегавал, 3 – прогиб Онежской губы.

Б – карты плотности линеаментов различных систем. Аномалии плотности линеаментов в системах с превышением фоновых (средних) значений на: 4 – одно стандартное отклонение, 5 – два стандартных отклонения, 6 – три стандартных отклонения; 7 – осевые линии аномалий плотности; 8 – границы морфоструктур

системы СВ 25° характерны условия трансенсии со сбросово-лево-сдвиговой кинематикой, что может положительно влиять на их более полное отражение их в поле линеаментов. Условия транс-прессии с лево-сдвиговой кинематикой должны быть свойственны системе СВ 46°, что снижает степень их отражения в геоморфологическом ландшафте. В сходной ситуации находятся северо-западные системы, которые оказались в обстановке транс-прессии с право-сдвиговой кинематикой.

Вторым фактором, влияющим на анизотропию отражающей среды являются новейшие вертикальные движения, вследствие которых условия локального растяжения могут возникать в сводовых частях поднятий, что выражено повышением плотности линеаментов всех систем в пределах центральных площадей этих поднятий (см. рис.). Этому же способствуют и увеличенные запасы потенциальной энергии рельефа, отмеченные для положительных морфоструктур [2].

Третьим существенным фактором, определяющим анизотропию отражающей среды, является деформационное поле, выраженное в морфоструктуре территории. Сопоставляя данные по морфоструктуре с данными об ориентировке осей аномалий плотности линеаментов в разных системах можно отметить (см. рис.), что наиболее полно положение осей аномалий плотности линеаментов совпадает с границами морфоструктур первого порядка для системы СЗ 325°, что существенно увеличивает степень отражения трещин северо-западного направления. Простирание осей аномалий плотности других систем совпадает с ориентировкой границ только частично, хотя можно предполагать, что оно отражает границы более мелких морфоструктурных неоднородностей.

Таким образом, сопоставление результатов линеаментного анализа с данными по морфоструктуре позволяет сделать важный методологический вывод о том, что использование этого анализа для

выявления разрывных структур не может быть упрощенным, при котором поле линеаментов по всем его параметрам полностью отождествляется с полем трещиноватости, или разрывных структур в целом. Особенно важно иметь это в виду при проведении крупномасштабной геологической съемки, а также при составлении разного рода опирающихся на линеаментный анализ территориальных прогнозов на поиски месторождений различных видов полезных ископаемых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжов И. Н. Неотектоника Европейского Севера СССР / И. Н. Рыжов. – Л. : Наука, 1988. – 92 с.
2. Трегуб А. И. Морфоструктура Онежского полуострова и дна прилегающей акватории Белого моря на основе статистических моделей рельефа и морфографического анализа / А. И. Трегуб // Вестник Воронежского университета. Серия: Геология. – 2010. – № 2. – С 59–65.
3. Юдахин Ф. Н. Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы / Ф. Н. Юдахин, Ю. К. Щукин, В. И. Макаров. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 300 с.
4. Белоусов Т. П. Делимость земной коры и палеонапряжения в сейсмоактивных и нефтегазоносных районах Земли / Т. П. Белоусов, Ш. А. Мухамедиев, С. Ф. Куртасов. – М. : ОИФЗ РАН, 1997. – 324 с.
5. Шульц С. С. Планетарная трещиноватость (основные положения) / С. С. Шульц // Планетарная трещиноватость. – Л. : ЛГУ, 1973. – С. 5–37.
6. Шерман С. И. Поля напряжений земной коры и геолого-структурные методы их изучения / С. И. Шерман, Ю. И. Днепровский. – Новосибирск : Наука СО, 1989. – 176 с.
7. Соколов Р. И. Геологическая карта России и прилегающих территорий. Масштаб 1 : 10 000 000 / Р. И. Соколов, Б. Г. Лопатин, И. М. Гашева. – СПб. : ВСЕГЕИ, 1995.
8. Сим Л. А. Влияние глобального тектогенеза на новейшее напряженное состояние платформ Восточной Европы / Л. А. Сим // М. В. Гзовский и развитие тектонофизики. – М. : Наука, 2000. – С. 326–348.

*Воронежский государственный университет  
А. И. Трегуб, профессор кафедры общей геологии  
и геодинамики  
Тел. 8 (473) 220-83-79  
tregubai@yandex.ru*

*Voronezh State University  
A. I. Tregub, Professor of the Geology and Geodynamic Chair  
Tel. 8 (473) 220-83-79  
tregubai@yandex.ru*