

# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРЕЩИННОЙ ТЕКТониКИ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОГО САЯНА И РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

В.В. Паньков<sup>1</sup>, А.А. Рассказов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Некоммерческое партнерство «Гильдия экологов»,  
Новый Арбат, 11, к. 1107, 119019, Москва, Россия

<sup>2</sup>Экологический факультет, Российский университет дружбы народов,  
Подольское ш., 8/5, 113093, Москва, Россия

На конкретных примерах показано, что данные по трещиноватости позволяют решать практические задачи в области оценки устойчивости массивов, геоэкологического районирования, прогнозирования, разведки и добычи минеральных ресурсов, оценки глубин региональных горизонтов с пониженными прочностными свойствами.

Большинство исследователей сегодня определяет геоэкологию как интегральную дисциплину, находящуюся на стыке многих наук и затрагивающую широкий круг взаимодействия человека и окружающей среды, а также закономерности функционирования антропогенно измененных экосистем. Соответственно, под геоэкологической устойчивостью массивов горных пород понимается их устойчивость к внешним и внутренним воздействиям техногенного или естественного происхождения. Данный термин удобно использовать в хозяйственной практике, где первостепенное значение имеет результат, а не природа воздействия.

К наиболее часто измеряемым относятся такие параметры трещиноватости, как пространственная ориентировка (азимут простирания, угол падения), количество и выраженность систем (направлений) трещин, расстояния между трещинами (густота), углы между разрывами, форма сетей (блоков), образованных разрывами. Разломы и трещиноватость являются весьма доступным объектом для исследования, а их геометрические параметры легко поддаются статистической обработке. Анализ трещиноватости позволяет также определить ориентировку первичной структурной анизотропии пород и ориентировку полей тектонических напряжений в массивах, а также оценить горизонтальную расслоенность (делимость) земной коры.

Обобщение обширных литературных данных вместе с данными авторских исследований трещиноватости юго-восточной части Восточного Саяна *in situ*, на космоснимках и в образцах горных пород позволяет выделить признаки геоэкологической устойчивости массивов. Для устойчивых массивов характерны преимущественно гексагональные сети разрывов (линеаментов); развитие треугольных полигонов, образуемых трещинами; тенденция к доминированию трех направлений трещиноватости (систем трещин); выраженность в характеристическом наборе углов между трещинами пиков, близких к 60 и 120 градусам; совпадение ориентировки основных структур с ориентировкой первичной структурной анизотропии; наличие на поверхности напряжений сжатия; отсутствие активных крутопадающих разломов; пластичные породы. Для неустойчивых массивов более характерно преобладание полигонов неправильной формы при второстепенном количестве треугольных; резкое преобладание одного или более четырех направлений растрескивания либо изотропная картина трещиноватости (в частности, на диаграммах пики направ-

лений практически отсутствуют либо имеется пять и более пиков); ориентировки структур, резко отличные от ориентировки первичной структурной анизотропии; наличие на поверхности напряжений растяжения; рассеченность активными крутопадающими разломами; неэластичные, хрупкие породы, разбитые густой сетью трещин.

Передача основных направлений трещиноватости вверх по разрезу связана с первичной структурной анизотропией, закладывающейся на стадии формирования породы [1]. Анизотропия определяется анизотропией более ранних пород, а также суммарным воздействием внешних сил. Нарушение видимой связи направлений структур с первичной анизотропией возможно только в механически резко гетерогенных слоистых толщах или в наиболее тектонически активных областях. При этом в обширных зонах влияния активных глубинных разломов к устойчивым в существующей геодинамической обстановке можно отнести массивы, закономерности трещиноватости которых подчинены ориентировке глубинных разломов и характеру движений по ним.

Полигоны, образованные на поверхности разнонаправленными разломами, являются сечениями объемных блоков, причем на разных масштабных уровнях наиболее часто наблюдаются пяти-, шести-, трех- и четырехугольные полигоны. Суммирование данных по углам между разрывами в массивах пород позволяет предполагать соответствие преобладающих углов углам правильных многогранников (Платоновых тел) и определенному числу сторон полигонов (форме сети), ограниченных разрывами на поверхности. В частности, в изученном регионе в целом преобладают четырехугольные полигоны и менее — треугольные. Такая картина может возникать при разрушении по пентагональной или гексагональной сети. Для архей-протерозойских пород региона свойственны полигоны сложной неправильной формы, а разрушение происходит по сети, включающей до шести направлений. В вендских породах проявляются четырехугольные и пятиугольные полигоны, в палеозойских (до девона) породах ярко выражены пятиугольные полигоны, а в породах девонского возраста и моложе преобладают шестиугольные полигоны при значительном количестве пятиугольных.

При наследовании основных простираний трещин в породах разного возраста углы падения и второстепенные направления простираний могут сильно варьироваться. Этот факт, с одной стороны, подтверждает закономерность выделения разновозрастных трещин и локальных разновозрастных полей напряжений, а с другой — свидетельствует в пользу идеи о наследовании основных направлений расстрескивания и существовании долгоживущих полей напряжений.

Интересно, что в проведенных авторами экспериментах по расстрескиванию образцов глин литификационные трещины наиболее часто пересекаются под тупыми углами около  $144^\circ$  и лишь иногда — около  $45^\circ$  и  $80^\circ$ , тогда как вторичные, инициированные ударом трещины в этих же образцах в большинстве случаев образуют углы  $90^\circ$ , реже — около  $60^\circ$  и  $150^\circ$ . Первичные трещины усыхания ориентируются в субмеридиональном и менее — в субширотном направлении, что наиболее вероятно обусловлено заложением первичной анизотропии в неконсолидированных глинистых осадках в связи с ориентировкой содержащихся в глинах зерен магнитных минералов в магнитном поле Земли. Однако при полевых наблюдениях обнаруживается, что основные направления расстрескивания совпадают с направлениями растяжения пород, т.е. первичная литификационная трещиноватость в естественных условиях или изначально определяется тектоническими процессами или затухает ими в процессе консолидации осадка.

Как показано выше, данные по закономерностям трещиноватости дают достаточный материал для выделения участков со схожими свойствами и

историей деформирования. Полученные данные нашли отражение в выделении участков с различной степенью устойчивости массивов (рис. 1) [2].

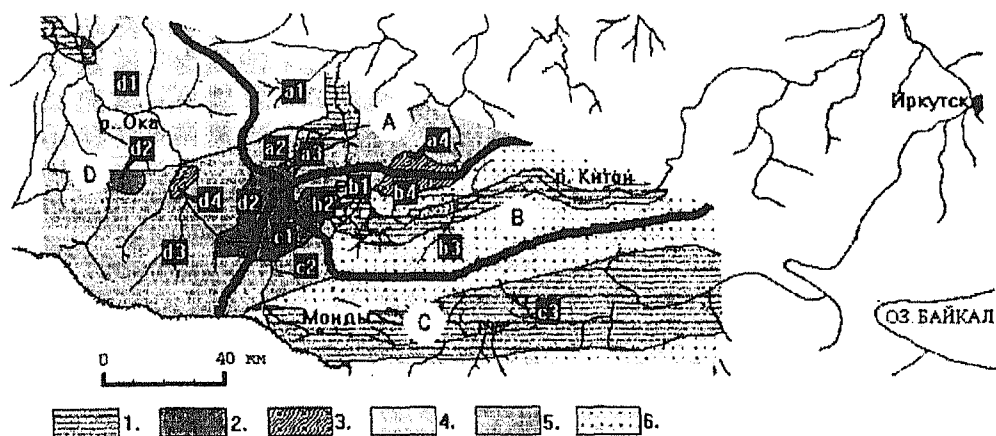


Рис. 1. Схема устойчивости территории юго-восточной части Восточного Саяна к внешним и внутренним воздействиям:

А-Д - территории водосборных бассейнов: Урикского (А), Китойского (В), Тункинского (С), Окинского (D); а<sub>1</sub>-а<sub>4</sub> - участки с различными эколого-геологическими характеристиками: с низкой устойчивостью: 1 - зоны максимального влияния глубинных разломов; 2 - массивы гнейсогранитов; со средней устойчивостью: 4 - преобладание гранитоидных массивов и метаморфических сланцев; 5 - преобладание гранитных массивов и метаосадочных пород; 6 - то же в зонах влияния субширотных глубинных разломов; с высокой устойчивостью: 3 - массивы серпентинитов

Учет этих данных важен при обосновании регламента использования и выбора участков для осуществления различных видов хозяйственной деятельности.

Ввиду плохой геофизической изученности о горизонтальных неоднородностях земной коры региона можно судить лишь по косвенным данным, в частности, по геофизическим измерениям. Распределение расстояний между однопорядковыми региональными и локальными разломами на поверхности Земли в большинстве случаев относится к мощности разбиваемого ими слоя примерно как 1:1 ([3] и мн. др.). В работах австралийских исследователей [3] делались попытки оценить глубины горизонтов с пониженными прочностными свойствами по распределению магматических образований (магмоподводящих разломов). Используя этот подход, установлено, что распределение расстояний между интрузивами региона образует моды 5, 17-19, 30 и 50 км (рис. 2А и 2Б). Исходя из гипотезы об отношении мощность слоя/шаг между магмоподводящими разломами примерно равном единице, построена схема горизонтальной расслоенности земной коры региона, на которой выделяются разделы на глубинах около 5, 18, 30 и 50 км (рис. 3). С данными разделами с наибольшей вероятностью могут быть связаны основные и промежуточные магматические очаги, а также эпицентры землетрясений.

По данным сейсмических зондирований земной коры и мантии Прибайкалья известно, что в разрезе региона имеется, по крайней мере, три горизонта с пониженными прочностными свойствами, находящие свое отражение в изменениях скоростей прохождения сейсмических волн [4].

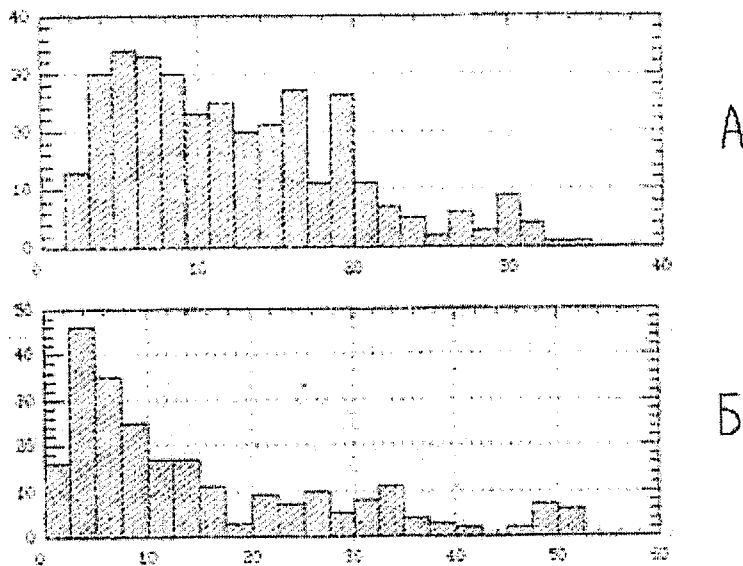


Рис. 2. Распределение расстояний между массивами: гранитов (А) и базальтов (Б) юго-восточной части Восточного Саяна. По вертикальной оси — число наблюдений, по горизонтальной — расстояния между центрами массивов (км)

Первая от поверхности неоднородность залегает на глубинах от 12 до 20 км и грубо совпадает с областью концентрации сейсмических очагов в Прибайкалье (90% гипоцентров землетрясений Байкальской рифтовой зоны сосредоточено на глубинах до 24 км), вторая — залегает на глубинах от 35 до 50 км, практически под подошвой земной коры и, наконец, третья — астеносфера, глубина залегания кровли которой по разным оценкам колеблется от 50 до 90 км. Эти данные согласуются с результатами, полученными по распределению интрузивов.

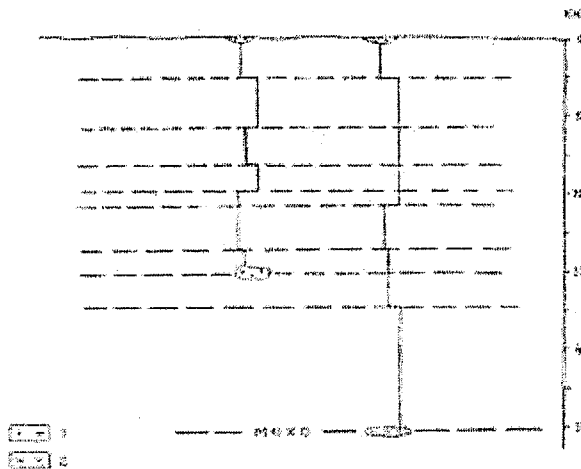


Рис. 3. Гипотетическая схема распределения глубин основных и промежуточных очагов (горизонтальных неоднородностей) гранитных (1) и базальтовых (2) магм юго-восточной части Восточного Саяна. По вертикали — глубина

Значение закономерностей трещинной тектоники для локализации полезных ископаемых, прежде всего рудных, чрезвычайно широко описано в специальной

литературе. Опираясь на литературные источники и данные собственных исследований, можно указать, что для локализации рудных месторождений Восточного Саяна особое значение имеют узлы пересечения разрывов (линеаментов); длина разрывов (средние и периферические части полей максимальных длин); средняя густота сети разрывов; среднее число направлений (систем) разрывов, равное пяти и более; подчиненность полигональным сетям (прежде всего, границам гексагональных блоков). Повторяемость и наложение разных типов рудообразования в одних и тех же провинциях и узлах говорят о долгоживущем характере проницаемости этих участков коры; источников рудообразующих растворов; напряжений и других геологических условий. Именно поэтому два региональных максимума простираний трещин (около 300 (290 - 310) и 40°), проявленных во всех породах юго-восточной части Восточного Саяна независимо от возраста, состава или генезиса, позволяют прогнозировать рудопроявления в регионе. С первым направлением связаны основные руловмещающие структуры, со вторым — опережающие второго порядка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грачев А.Ф. Рифтовые зоны Земли. — М.: Недра, 1987.
2. Паньков В.В., Рассказов А.А. Влияние эколого-геологических особенностей трещинной тектоники на оценку устойчивости геологической среды юго-восточной части Восточного Саяна // «Актуальные проблемы экологии и природопользования». — М.: РУДН, 2000 — С. 268-274.
3. Rickard M.J. Pluton spacing and the thickness of crustal layers in Baja California. // Tectonophysics. — 1984. — Vol. 101. — P. 167-172.
4. Артюшков Е.В. Физическая тектоника. — М.: Наука, 1993.

## FRACTURE TECTONICS REGULARITIES AT THE SOUTH-EASTERN EASTERN SAYAN AND SOLUTION OF APPLIED GEOECOLOGICAL PROBLEMS

V.V. Pan'kov<sup>1</sup>, A.A. Rasskazov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Guild of Ecologists,

N.Arbat, 11, k.1107, 119019, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia  
Podolskoe shosse, 8/5, 113093, Moscow, Russia

Fracture tectonic data allow solving of practical problems in the field of mineral resources research, assessment of rock massive stability, geoecological zoning, forecasting of depth for regional horizons with reduced strength and etc. This idea is illustrated by specific examples.