

УДК 551.22:550.312

В.В. Таскин

**СОПОСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ
РАЗДРОБЛЕННОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ С РЕЗУЛЬТАТАМИ
ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Представлена трехмерная модель тектонической раздробленности для северной части Шанучского рудного района созданная по данным дешифрирования аэро- и космоснимков. Проведено ее сопоставление с результатами интерпретации аномалии силы тяжести. Показано, что использовавшийся статистический подход в комплексе с геофизическими методами позволяет выявить положение в пространстве наиболее перспективных блоков.

Ключевые слова: аэрокосмоснимок, дешифрирование, удельная длина линеаментов, трехмерное моделирование, геофизические исследования.

Методика мониторинга внутренних структур земной коры с использованием данных ее дистанционного зондирования, разрабатывалась в трудах Ю.В. Нечаева [1, 3–5]. Смысл предложенного подхода заключается в установлении степени тектонической раздробленности исследуемой области на заданных глубинах по материалам дешифрирования аэрофото (АФС) и космических снимков (КС) ее поверхности. В основе методики лежит эмпирически установленное правило о том, что трещиноватость одной грани кубика породы адекватно отражает степень трещиноватости всего образца [1, 3–5]. Это утверждение коррелирует с представлениями о том, что проявление деформаций макроскопического уровня любого объема земной коры может быть рассмотрено как сумма деформаций многочисленных объемов, составляющих его [2], а упругие свойства породы в целом, зависят от таких микро параметров как ориентация зерен минералов, составляющих породу или развитие микротрещин [11].

В общем случае коэффициент тектонической раздробленности блока определяется отношением объема его трещин к объему блока. Если «разбить» исследуемую часть земной коры

на кубические блоки с ребром a , в которых одной из граней является дневная поверхность, то степень тектонической раздробленности каждого кубика будет равна $\sum l \cdot b \cdot h / a^3$, где l – длина, b – ширина раскрытия, h – глубина трещин. Ширина и глубина трещин не являются определяемыми по АФС и КС, но b может быть принята как усредненная величина для некоторой конкретной территории, а значение h , приравнено a [1, 3–5]. При этих условиях переменными для оценки уровня дизъюнктивности кубика по АФС и КС остаются общая длина трещин в пределах его, совпадающей с дневной поверхностью грани и длина ребра, а степень раздробленности является значение удельной длины линеаментов (УДЛ) $\sum l / a^2$. Для среды с однородными реологическими свойствами значение УДЛ относят к центру куба [1, 3–5].

С применением предложенной методики, в работе [7], была разработана трехмерная модель тектонической раздробленности блока земной коры для района г. Петропавловска-Камчатского. Алгоритм создания модели подробно показан в [10], а ее соответствие реальной геологической ситуации было оценено в работах [7–9]. В результате исследований, сделаны выводы о том, что предлагаемый метод обработки АФС и КС позволяет определять положение зон деструкции в самой верхней части коры, дает возможность уточнять и прогнозировать геологические структуры и связанные с ними месторождения полезных ископаемых, а также является полезным при комплексной интерпретации материалов геофизических и геохимических исследований.

Целью настоящей работы является демонстрация трехмерной модели тектонической раздробленности для северной части Шанучского рудного района созданной по описанной методике и сопоставление ее с результатами интерпретации аномалии силы тяжести.

Модель раздробленности. Данными для расчетов стали результаты, полученные дешифрированием АФС и КС способом масштабного приближения от регионального уровня к локальному, геологом Вешняковым Н.А. единолично (рис. 1, а (см. Приложение, стр. 295)), а в качестве инструмента обработки данных использовался программный пакет ArcGIS.

Цифровая карта линеаментной сети в виде тематического векторного слоя содержащего 5774 записей, каждая из которых соответствует выделенному при дешифрировании линеаменту, была покрыта регулярной сеткой со стороной ячейки a , равной 100 м. Затем в пределах каждой клетки производился подсчет суммарной длины линеаментов, ее нормирование к площади и отнесение полученного значения к центру ячейки с глубинной отметкой $a/2$. Так была получена матрица распределения УДЛ, характеризующая степень тектонической раздробленности материала на глубине 50 м, выраженная в км^{-1} . Увеличение стороны ячейки на 100 м в каждом последующем цикле расчетов позволило построить трехмерную модель раздробленности среды для глубин 50–5000 м. Модель содержит 100 слоев по вертикали с шагом 50 м. Воксельное представление модели наглядно выделяет изоповерхности для различных УДЛ, которые дают представление о форме и нахождении участков с повышенной проницаемостью.

Обсуждение. Проведенная ранее интерпретация аномалий силы тяжести в Шанучском рудном районе и создание трехмерной плотностной модели верхней коры позволили выявить плотные блоки с неэродированными базитовыми интрузиями [6]. В модели распределения плотности, представленной на рис. 1, в, выделено сферическое тело, расположенное ниже уровня моря, до глубины 2,5 км. Плотность этого образования более $2,85 \text{ г/см}^3$. В надинтрузивной зоне этого массивного тела расположены малые интрузии, с одной из которых связано месторождение Шануч.

В то же время, среднее значение УДЛ в модели тектонической раздробленности этой же территории, составляет $0,06 \text{ км}^{-1}$. Изоповерхности со значениями, превышающими среднее, показывают наиболее раздробленные участки и их форму. На рис. 1, б видно, что в слое до глубины 2–2,5 км «аномальная» трещиноватость наблюдается во всем блоке рудного поля, максимально увеличиваясь на двух участках. В этих участках расположены интрузии месторождения Шануч и рудопроявления Геофизическое. Далее вглубь, в интервале 3–5 км ниже уровня моря, изоповерхности $0,12$ и $0,15 \text{ км}^{-1}$ локализуются под г. Верхняя Тхонжа и очевидна тенденция на дальнейшее погружение зоны повышенной трещиноватости.

Выводы. Модель тектонической раздробленности для северной части Шанучского рудного района созданная по данным дешифрирования АФС и КС представлена в настоящей работе. Показаны совпадающие, наиболее плотные области и области, с аномально высокими значениями раздробленности. Отметим, что создание модели раздробленности не учитывает всего многообразия генезиса линеаментов, их разновозрастность. На снимках трудно отличить тектонические трещины от не тектонических, но статистический подход (в комплексе с геофизическими методами) закономерно позволяет выявить главное – положение в пространстве наиболее проницаемых блоков и, как следствие, прогнозировать вероятные пути движения магмы, постмагматических растворов, локализовать наиболее перспективные участки для поиска месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богатиков О.А., Нечаев Ю.В., Собисевич А.Л. Использование космических технологий для мониторинга геологических структур вулкана Эльбрус // ДАН. 2002. Т. 387. №3. С. 1-6.
2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 535 с.
3. Нечаев Ю.В. Космические технологии в задачах изучения локальных неоднородностей земной коры // Сб. научных трудов «Геофизика на рубеже веков». М.: ИФЗ РАН, 1999. С. 276-290.
4. Нечаев Ю.В., Собисевич А.Л. Новые технологии мониторинга внутренней структуры вулканов (магматического очага и магматических камер) // Вестник владикавказского научного центра. 2007. Т. 7. №4. С. 29-35.
5. Нечаев Ю.В. Линеаменты и тектоническая раздробленность. Дистанционное изучение внутреннего строения литосферы. М.: ИФЗ РАН, 2010. 215 с.
6. Сидоров М.Д., Таскин В.В., Вешняков Н.А. Плотностные неоднородности в верхней коре Шанучского рудного района (Срединный массив, Камчатка) // Региональная геология и металлогения. 2016. № 65. С. 104-115.
7. Таскин В.В., Сидоров М.Д. Трехмерная модель тектонической раздробленности земной коры, созданная с использованием космической видеoinформации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 2. С. 243-252.
8. Таскин В.В., Сидоров М.Д., Паламарь С.В. Оценка степени тектонической раздробленности земной коры на глубину по данным дешифрирования аэро- космоснимков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. № 9. С. 127-130.
9. Таскин В.В., Сидоров М.Д., Паламарь С.В. Сравнительный анализ модели тектонической раздробленности с результатами МТЗ // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 6. С. 321-325.

10. Таскин В.В., Сидоров М.Д. Алгоритм создания трехмерной модели тектонической раздробленности в среде ГИС по результатам дешифрирования аэро- и космоснимков, оценка ее достоверности // Геоинформатика. 2015. № 1. С. 21-27.

11. Fernandes da Silva P.C., Cripps J.C., Wise S.M. The use of Remote Sensing techniques and empirical tectonic models for inference of geological structures: Bridging from regional to local scales // Remote Sensing of Environment. 2005. V. 96. P. 18-36. **ГИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Таскин Виталий Витальевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геоинформатики, Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, taskin-v@yandex.ru.



UDC 551.22:550.312

THE COMPARISON OF THE MODEL OF THE TECTONIC BREAK OF EARTH CRUST AND RESULTS OF GRAVITY SURVEY

Taskin V.V., Candidate of Technical Sciences; Senior Researcher Scientist, taskin-v@yandex.ru, The Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia.

Three-dimensional model of the tectonic break for the northern part of Shanuch ore region created according to the interpretation of aerial and satellite image is presented in the work. The convergence estimation of obtained results with well known data of gravity survey has been conducted. It was shown that the statistical approach with geophysical methods expectedly allows detecting the location of the most prospective blocks in space.

Key words: aerial and space image, interpretation, lineament specific length, 3D-modelling, geophysical research.

REFERENCES

1. Bogatkov O.A., Nechaev U.V., Sobisevich A.L. *Ispol'zovanie kosmicheskikh tehnologiy dlia monitoringa geologicheskikh struktur vulkana Elbrus* (Use of space technologies for monitoring of geological structures of Elbrus volcano). DAN. 2002. Vol. 387. No 3. pp. 1-6.

2. Gzovskyi M.V. *Osnovy tektonofiziki* (Fundamentals of Tectonophysics). Moscow: Nauka. 1975. 535 p.
3. Nechaev U.V. *Kosmicheskie tehnologii v zadachah izucheniya lokalnykh neodnorodnostei zemnoi kory* (., Space technologies in problems of study of local inhomogeneities of the earth's crust) // Sb. nauchnykh trudov «Geofizika na rubeje vekov». Moscow: IFZ RAN. 1999. pp. 276–290.
4. Nechaev U.V., Sobisevich A.L. *Novye tehnologii monitoringa vnutrennei struktury vulkanov (magmaticheskogo ochaga i magmaticheskikh kamer)* (New technologies for monitoring the internal structure of volcanoes (magma and magma chambers)) // Vestnik vladikavkazskogo nauchnogo centra. 2007. Vol. 7. No 4. pp. 29–35.
5. Nechaev U.V. *Lineamenty i tektonicheskaya razdroblennost'. Distantionnoe izuchenie vnutrennego stroeniya litosfery* (Lineaments and tectonic fragmentation. Remote study of the inner structure of the lithosphere). Moscow: IPE RAS. 2010. 215 p.
6. Sidorov M.D., Taskin V.V., Veshnyakov N.A. *Plotnostnye neodnorodnosti v verhnei kore Shanuchskogo rudnogo raiona (Sredinnyi massiv, Kamchatka)* (Density heterogeneity in the upper crust Hanuskova ore district (the Middle range, Kamchatka)) // Regionalnaya geologiya i metallogeniya. 2016. №65. pp. 104–115.
7. Taskin V.V., Sidorov M.D. *Trehmernaya model' tektonicheskoy razdroblennosti zemnoi kory, sozdannaya s ispol'zovaniem kosmicheskoy videoinformatsii* (Dimensional model of tectonic break of earth crust, created using space video) // Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2014. Vol. 11. No 2. pp. 243–252.
8. Taskin V.V., Sidorov M.D., Palamar' S.V. *Ocenka stepeni tektonicheskoy razdroblennosti zemnoi kory na glubiny po dannym deshifirovaniya aero- kosmosnimkov* (Assessment of the degree of tectonic break of earth crust to a depth according to the interpretation of Aero – space images) // Gornyi informatsionno-analiticheskii bulletin'. 2014. No 9. pp. 127–130.
9. Taskin V.V., Sidorov M.D., Palamar' S.V. *Sravnitel'nyi analiz modeli tektonicheskoi razdroblennosti s rezultatami MTZ* (Comparative analysis of the model of the tectonic fragmentation with the results of the MTZ) // Gornyi informatsionno-analiticheskii bulletin'. 2015. No 6. pp. 321–325.
10. Taskin V.V., Sidorov M.D. *Algoritm sozdaniya trehmernoi modeli tektonicheskoy razdroblennosti v srede GIS po rezultatam deshifirovaniya aero- i kosmosnimkov, ocenka ee dostovernosti* (Algorithm for generating three-dimensional model of tectonic break in the GIS environment according to the results of interpretation of Aero – and satellite images, evaluation of its accuracy) // Geoinformatika. 2015. No 1. pp. 21–27.
11. Fernandes da Silva P.C., Cripps J.C., Wise S.M. The use of Remote Sensing techniques and empirical tectonic models for inference of geological structures: Bridging from regional to local scales // Remote Sensing of Environment. 2005. V. 96. pp. 18–36.