А.А. Сенцов[1], А.О. Агибалов[1], А.В. Полещук[2]

Анализ неотектонических движений острова Уруп геоморфологическими и тектонофизическими методами

Остров Уруп, расположенный в пределах Большой Курильской гряды, представляет большой интерес как объект геологического исследования из-за высокой тектоно-магматической активности в неоген-четвертичное время [3]. Несмотря на значительный объём ранее накопленного фактического материала о новейшей геодинамике Курильских островов, анализ неотектоники Урупа по-прежнему является актуальной научно-практической задачей, поскольку за последние несколько лет появились возможности её решения в детальном масштабе. Они связаны с тем, что в настоящее время доступны для изучения космические изображения высокого разрешения, а также проводятся продолжительные полевые геолого-геоморфологические наблюдения в рамках долгосрочной экспедиции «Восточный бастион – Курильская гряда» – совместного проекта Русского географического общества и Министерства обороны.

В основу нашей работы положены результаты геоморфологических исследований, проведённых с использованием детальных космоснимков [1] и цифровой модели рельефа Aster с разрешением 1 угловая секунда, и полученные в 2021 году данные полевых замеров трещиноватости. Использованы следующие методы: 1) структурно-геоморфологическое дешифрирование по методике Н.П. Костенко [4]; 2) морфометрический анализ рельефа, включающий расчёт ряда количественных характеристик (экспозиции склонов, азимутов простираний водотоков и др.) в среде ArcGis и построение карт разности базисных поверхностей методом В.П. Философова [8]; 3) реконструкция ориентировок главных нормальных осей напряжений по массовым замерам трещин в программе Stereonet [9].

Структурно-геоморфологическим методом выделены разделяющие разновысотные блоки слабые зоны преимущественно северо-восточного и северо-западного простираний. Вдоль последних отмечены многочисленные смещения водотоков на несколько десятков метров как при левом сдвиге. Нередко это направление проработано гидросетью, имеющей перистый рисунок. На наш взгляд, это связано с развитием слабых зон северо-западного направления как структур растяжения: известно, что аналогичный рисунок наблюдается в пределах крупных зияющих трещин [2]. Признаки сдвиговых перемещений отмечены для слабых зон

[1] Институт физики Земли (ИФЗ РАН), Москва, Россия
[2] Геологический институт РАН (ГИН РАН), Москва, Россия

субмеридионального простирания. Они заключаются в эшелонированном расположении небольших линейных понижений рельефа, проработанных гидросетью, как трещин отрыва. Асимметричные в плане речные долины, притоки которых впадают в соответствующий водоток старшего порядка под острым углом, указывают на сдвиговые перемещения вдоль слабых зон северо-восточного простирания. Как показано в монографии [7], такой рисунок гидросети распространен в сдвиговых зонах: в этом случае притоки соответствуют сколовым мегатрещинам. На основе обобщения структурно-геоморфологических данных сделан вывод об активной сдвиговой тектонике острова Уруп, реализующейся при ориентировке оси сжатия в северо-западном направлении (по азимуту ~300º). Он согласуется с результатами обработки фокальных механизмов очагов землетрясений методом катакластического анализа разрывных смещений Ю.Л. Ребецкого [6].

В то же время локальные стресс-состояния существенно различаются в разных участках острова, о чём свидетельствуют результаты обработки массовых замеров трещин в программе Stereonet. Все замеры разделены на 2 главные кинематические группы: первой соответствуют преимущественно однонаправленные крутопадающие трещины, по которым реконструирована субгоризонтальная ось растяжения. Ко второй группе отнесены сопряженные трещины, ориентированные как сколы в модели Кулона–Андерсона [10]. Упомянутые закономерности указывают на тектоническую природу трещин. Отметим, что в целом они ориентированы в 2 основных направлениях – северо-восточном и северо-западном – как и выделенные нами слабые зоны.

Морфометрическими методами показана асимметрия рельефа, заключающаяся в смещении главного водораздела острова в сторону Охотского моря. Установлено, что склоны северо-западной экспозиции более крутые (медианное значение крутизны ~7–8º), а юго-восточной – более пологие (медиана составляет ~4–5º). Разность приведённых медиан статистически значима, поскольку на всей территории острова значения медиан варьируют от 4.2º до 8.0º. По методике В.П. Философова выделены 4 порядка водотоков и построены схемы разности базисных поверхностей. Для последних характерна общая закономерность: области максимальных положительных значений изобазит приурочены к неогеновым вулканам (горам Высокой, Антипина, Трезубец, Десантной и др.). Этот факт указывает на высокую геодинамическую активность потухших (кроме горы Берга) вулканов, начиная со среднего плейстоцена – времени формирования современной эрозионной сети [5].

Таким образом, нами получены следующие основные результаты. 1. В детальном масштабе выявлены активные разломы острова Уруп, большинство которых имеет сдвиговую кинематику. 2. Динамические

подвижки по разломам происходят при ориентировке оси максимального сжатия в северо-западном направлении (по азимуту ~300º), хотя локальные стресс-состояния существенно различаются на территории острова. 3. Наиболее активные восходящие неотектонические движения, начиная со среднего плейстоцена, связаны с потухшими вулканами, что обусловливает общую асимметрию рельефа территории.

Исследование выполнено в рамках Государственных заданий ИФЗ РАН (А.А. Сенцов, А.О. Агибалов), ГИН РАН (А.В. Полещук), а также в рамках комплексной экспедиции РГО и МО РФ «Восточный бастион – Курильская гряда».

Литература

1. База данных космических снимков высокого разрешения. URL: https://www.arcgis.com/home/item.html?id = 52bdc7ab7fb044d98add148764eaa30a. Дата обращения 29.11.2021.

2. *Белоусов Т.П., Акскалян Г.О., Арутюнян Т.П., Аслизадян А.А.* Альпийская геодинамика, палеонапряжения и гигантские зияющие трещины на севере Аравийской платформы // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2006. Т. 81. Вып. 2. С. 3–15.

3. *Ковтунович П.Ю., Лебедев В.А., Чернышёв И.В., Арутюнян Е.В.* Хронология и эволюция магматизма острова Уруп (Курильский архипелаг) по данным K-Ar изотопного датирования и диатомового анализа // Тихоокеанская геология. 2004. Т. 23. № 6. С. 32–44.

4. *Костенко Н.П.* Геоморфология. М.: МГУ, 1999. 379 с.

5. *Мелекесцев И.В., Егорова И.А., Лупикина Е.Г.* Внутренний хребет Курильской дуги // Камчатка, Курильские и Командорские острова (История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1974. С. 265–327.

6. *Полец А.Ю.* Глубокофокусные землетрясения и тектоническое поле современных напряжений в Курило-Охотском регионе // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 26–37.

7. *Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В.* От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методики и алгоритмы. М.: ГЕОС, 2017. 234 с.

8. *Философов В.П.* Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур / Под ред. А.А. Корженевского. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1960. 91 с.

9. *Allmendinger R.W., Cardozo N.C., Fisher D.* Structural geology algorithms: Vectors & Tensors. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 302 p.

10. *Anderson E.M.* The Dynamics of Faulting // Trans. Edinburgh Geol. Soc. 1905. Vol. 8. N. 3. P. 387–402.