

же очаговых зон Юго-Восточного Алтая и указывают на необходимость учета высокой сейсмической опасности при хозяйственном освоении этой горной территории.

Исследования проведены при поддержке РФФИ (грант № 16-05-01035).

Литература

1. *Рогожин Е.А., Платонова С.Г.* Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. Объединенный институт физики Земли РАН, 2002. 130 с.
2. *Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Мараханов А.В.* Сильнейшие землетрясения на юге Горного Алтая в голоцене // *Физика Земли*. 2008. № 6. С. 31–51.
3. *Агатова А.Р., Непоп Р.К., Баринов В.В., Назаров А.Н., Мыглан В.С.* Первый опыт датирования сильных голоценовых землетрясений с использованием длительных древесно-кольцевых хронологий (на примере Горного Алтая) // *Геология и геофизика*. 2014. Т. 55. № 9. С. 1344–1355.
4. *Бутвиловский В.В.* Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: Изд-во ТГУ. 1993. 253 с.
5. *Deev E.V., Turova I.V., Borodovskiy A.P., Zolnikov I.D., Oleszczak L.* Unknown large ancient earthquakes along the Kurai fault zone (Gorny Altai): new results of palaeoseismological and archaeoseismological studies // *International Geology Review*. 2017. № 3. P. 293–310.
6. *Agatova A., Nepop R.* Dating strong prehistoric earthquakes and estimating their recurrence interval applying radiocarbon analysis and renaissance seismological approach – case study from SE Altai (Russia) // *Intern. J. of Geohazards and Environment*. 2016. № 3. P. 131–149.

А.О. Агибалов¹, Г.П. Бардышев

Определение типа новейшего напряженного состояния в районе пос. Импилахти (Северное Приладожье) с помощью компьютерного моделирования

Данная работа посвящена проблеме определения типа напряженного состояния и ориентировок внешних главных нормальных осей напряжения, проявляющегося в новейшее время на территории опорного участка, расположенного в районе пос. Импилахти. В его пределах на дневную поверхность выходят архейские гранито-гнейсы, формирующие куполовидные структуры – Импилахтинскую, Мурсульскую и

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; Agibalo@yandex.ru, grbard@yandex.ru

Койринойско-Питкярантскую, в то время как межкупольное пространство сложено метатурбидитами раннепротерозойского ладожского комплекса. Проведенный анализ цифровой модели рельефа, составленной на основе детальных топографических карт масштаба 1: 20 000, наряду с полевыми геоморфологическими наблюдениями показал, что к границам гранито-гнейсовых куполов приурочены вертикальные стенки и уступы высотой до первых десятков метров. Куполовидные структуры выделяются на схеме блоковой делимости, составленной по данным анализа рельефа (рисунок), и отличаются повышенными значениями максимальных высотных отметок рельефа, стандартных отклонений высот, средней крутизны склонов (таблица).

Таблица. Морфометрические параметры рельефа, рассчитанные в пределах опорного участка для куполовидных структур Импилахтинской, Мурсульской, Койринойско-Питкярантской и межкупольного пространства

Параметры рельефа	Межкупольное пространство	Импилахтинский купол	Мурсульский купол	Восточная часть Койринойско-Питкярантского купола
Максимальные высотные отметки (м)	100	110	127	110
Стандартные отклонения высотных отметок (м)	19	23	23	25
Средняя крутизна склонов (град.)	5.0	7.8	7.4	8.4

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что гранито-гнейсовые купола выражены в рельефе как области поднятия, и поставить вопрос о возможности неотектонической активизации рассматриваемых структур.

С целью определения типа напряженного состояния и ориентировок главных нормальных осей напряжения проведено компьютерное моделирование, выполненное с помощью программы «RMS 2013». Исходными материалами для построения модели являлись высотные отметки

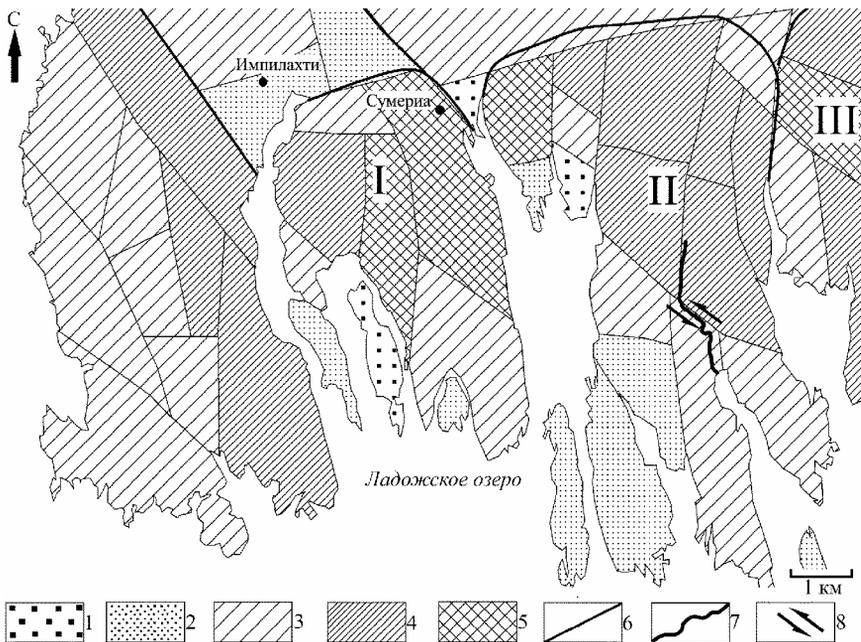


Рисунок. Схема блоковой делимости опорного участка, расположенного в районе пос. Импилахти: 1–5 максимальные высотные отметки блоков (в метрах): 1 – 30–50, 2 – 50–70, 3 – 70–90, 4 – 90–110, 5 – 110–127; 6 – границы гранито-гнейсовых куполов и предполагаемые разрывные нарушения, использовавшиеся в качестве исходных данных при компьютерном моделировании; 7 – русло водотока, смещающееся вдоль выраженного в рельефе предполагаемого разрывного нарушения; 8 – направление смещения русла. Римскими цифрами обозначены гранито-гнейсовые купола: I – Импилахтинский, II – Мурсульский, III – Койринойско-Питкярнтский

рельефа, физико-механические характеристики среды (коэффициенты Пуассона и внутреннего трения), данные о конфигурации неоднородностей, обусловленных геологическим строением. В качестве таких неоднородностей рассматривались границы гранито-гнейсовых куполов [2] и хорошо выраженные в рельефе линеаменты, соответствующие, предположительно, дизъюнктивным структурам. Методика моделирования предполагает построение поверхности в формате «Grid» по высотным отметкам рельефа и нанесение сетки неоднородностей. После этого были заданы различные ориентировки внешних осей сжатия и растяжения, варьирующиеся от 0° до 170° с шагом 10° . Принятые при

моделировании допущения о конфигурации неоднородностей и величинах напряжений рассмотрены в работе [3]. Достоверность построенных моделей оценивалась путем сопоставления рассчитанных показателей с реальными параметрами геологической среды. Установлено, что максимально высокое значение коэффициента корреляции Пирсона между рассчитанными относительными величинами вертикальных смещений по сетке неоднородностей и высотными отметками рельефа составляет 0.32 при ориентировке оси сжатия по азимуту 10° . В обстановке субгоризонтального сжатия достигается статистически значимая отрицательная корреляция между вероятностью формирования новых разрывов малой протяженности и крутизной склонов, превышающей 20° (коэффициент корреляции равен -0.41). Опыт применения программного продукта «RMS 2013» показывает, что области, отличающиеся высокими (по модулю) отрицательными значениями вероятности возникновения новых разрывов, соответствуют испытывающим растяжение участкам, в пределах которых возникают трещины отрыва. В этом случае отрицательная корреляция между рассмотренными параметрами указывает на то, что крутые склоны и вертикальные уступы приурочены к областям возможного формирования структур растяжения. Таким образом, данные компьютерного моделирования показывают, что процесс новейшей активизации докембрийского структурного плана в районе пос. Импилахти происходит в обстановке субгоризонтального северо-восточного сжатия. Косвенным аргументом в пользу того, что ось сжатия ориентирована в северо-восточном направлении, является отмеченное на топографических картах смещение русла небольшого водотока вдоль выраженной в рельефе «ослабленной зоны» северо-западного простирания как при левом сдвиге (см. рисунок). По мнению авторов, полученные результаты не противоречат ранее опубликованным данным об общем северо-западном сжатии юго-восточной части Балтийского щита на новейшем этапе [1, 4], поскольку в данной работе рассматривается локальное поле напряжений.

В целом, проведенные исследования показали, что в новейшее время происходит активизация расположенных в районе пос. Импилахти гранито-гнейсовых куполов, реализующаяся в обстановке субгоризонтального северо-восточного сжатия.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00359 «Оценка новейшей и современной геодинамической активности докембрийских купольно-надвиговых структур Приладожья».

Литература

1. Агибалов А.О., Зайцев В.А., Сенцов А.А., Девяткина А.С. Оценка влияния современных движений земной коры и активизированного в новейшее время докембрийского структурного плана на рельеф Приладожья (юго-восток Балтийского щита) // Геодинамика и тектонофизика. 2017. Т. 8. № 4. С. 791–807.
2. Геологическая карта листа Р-36-XX. Масштаб 1: 200 0000. Л.: ВСЕГЕИ, 1958.
3. Руководство пользователя «Analysis Package Reservoir Modelling System (RMS)», 2012. Режим доступа: www.geodisaster.ru/index.php?page=uchebnyeposobiya-2
4. Keiding M., Kreemer C., Lindholm C.D., Gradman S., Olesen O., Kierulf H.P. A comparison of strain rates and seismicity for Fennoscandia: depth dependency of deformation from glacial isostatic adjustment // Geophys. J. Int. 2015. Vol. 202. P. 1021–1028.

П.Я. Азимов¹, И.К. Козаков

Первая находка высокобарических пород в композитном Дзабханском террейне (Западная Монголия): признак конвергентных обстановок

Высокобарические породы, включая эклогиты, являются важными индикаторами тектонических обстановок, таких как зоны палеосубдукции и палеоколлизии. Поэтому их находки имеют большое значение для понимания тектонической эволюции древних орогенов. Особый интерес они представляют для расшифровки истории самого крупного в мире орогенного пояса – Центрально-Азиатского. Дзабханский террейн в западной Монголии является частью большого Тувино-Монгольского составного террейна и долго рассматривался как блок земной коры с раннедокембрийским фундаментом [2]. Однако исследования последних лет показали [1, 4], что, как и в остальной части Тувино-Монгольского террейна [3], метаморфический фундамент имеет более сложное строение и включает в себя и более молодые, в том числе неопротерозойские комплексы. Большая часть метаморфических пород фундамента Дзабханского террейна не содержит граната, что затрудняет термобарометрические исследования. В безгранатовых амфиболитах среди метаосадков (кварцитов) Дзабханского террейна нами

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург; pavel.azimov@mail.ru, ivan-kozakov@yandex.ru