

Новейшая тектоника и геодинамика подвижных поясов

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ ГНСС

А.О. Агibalов^{1, 2}, А.А. Сенцов², Г.Р. Балашов²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

agibalo@yandex.ru

Современное напряженно-деформированное состояние литосферы — один из главных факторов, определяющих сейсмичность. На основе данных ГНСС нами проанализировано поле деформации Алтае-Саянской области, отличающейся высокой сейсмотектонической активностью. Исходные данные о расположении и горизонтальной скорости перемещения пунктов ГНСС относительно Евразийской плиты приведены в работах [Лухнев и др., 2010; Тимофеев и др., 2019] (*табл. 1*). С помощью инструментов программы ArcMap координаты пунктов ГНСС были спроецированы в системе WGS_1984_World_Mercator. Расчет величины деформации (ϵ) выполнен по формуле $\epsilon = \frac{S_2 - S_1}{S_1}$, где S_1 — площадь элемента покрытия без учета горизонтальных перемещений, S_2 — площадь этого элемента с учетом смещения его вершин за 1 год. В качестве элементов покрытия использованы треугольники Делоне [1934], вершины которых соответствуют пунктам ГНСС.

Установлено, что 49% площади рассмотренной территории Алтае-Саянской области испытывает укорочение ($\epsilon < 0$), а остальные 51% расположены в пределах элементов покрытия, площадь которых увеличивается с течением времени ($\epsilon > 0$) (*рисунок*). Этот факт указывает на значительную роль сдвиговой компоненты деформации, реконструированной нами ранее по решениям фокальных механизмов очагов землетрясений [Агibalов и др., 2024]. Кроме того, полученный результат согласуется с данными тектонофизического моделирования, выполненного в программе RMS 2013 компании ROXAR. Его методика аналогична описанной в диссертации [Сенцов, 2022]. При моделировании использовалась сетка активных разломов [Zelenin et al., 2022], задан тип внешней нагрузки — сжатие, ось которого ориентирована по азимуту 20°. В этом случае 49% площади Алтае-Саянской области находится в обстановке сжатия, а 51% — в области преобладания сдвиговых напряжений.

Также было показано, что эпицентры сильных землетрясений с $M_w \geq 5.5$ ($N=38$) расположены преимущественно в областях повышенных значений ϵ , взятых по модулю (*табл. 2*).

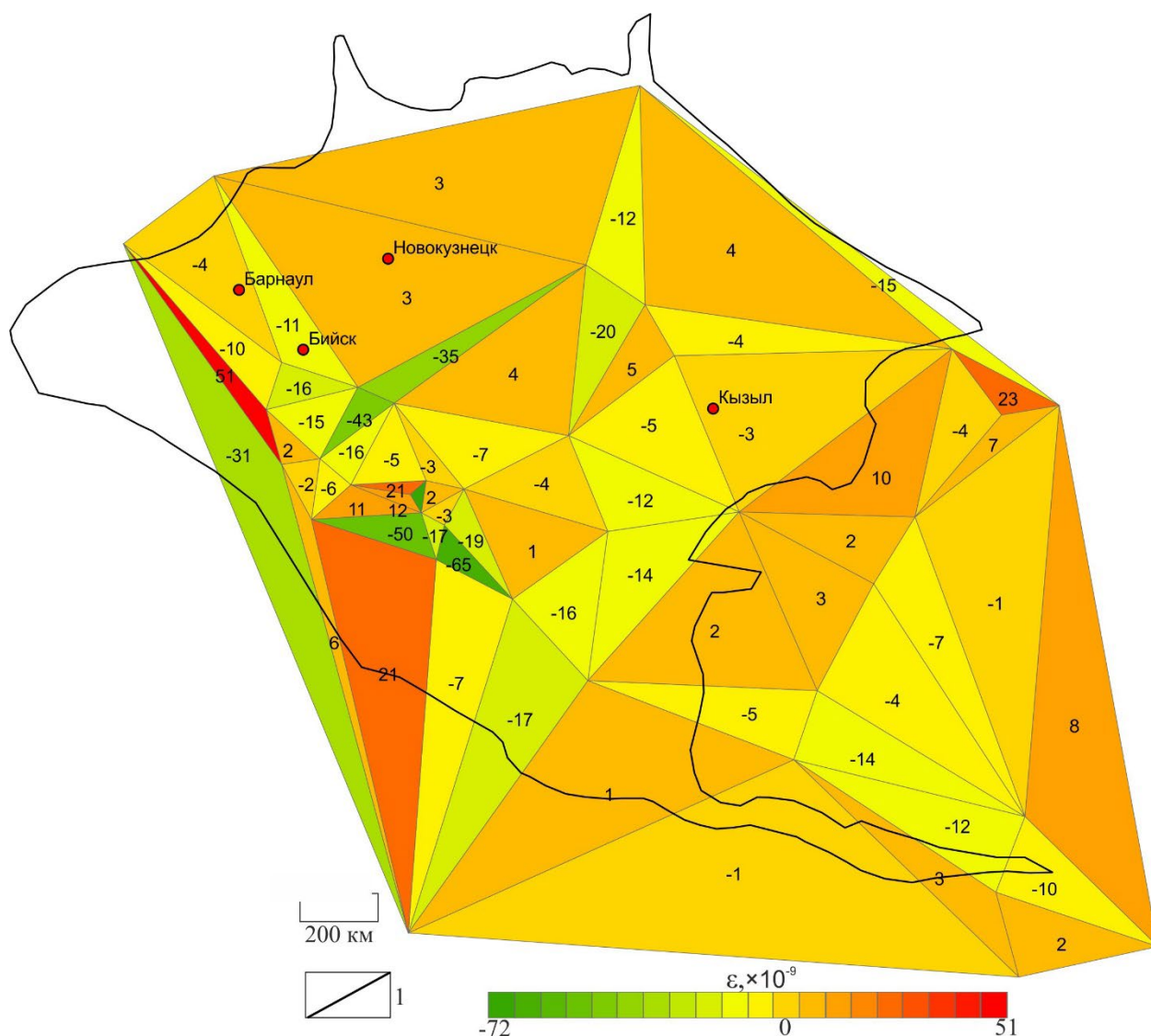


Рисунок. Схема величины современной деформации (ϵ) Алтае-Саянской области: 1 – контуры Алтае-Саянской области

Табл. 1. Данные о расположении и скорости горизонтальных перемещений пунктов ГНСС Алтае-Саянской области относительно Евразийской плиты, по [Лухнев и др., 2010; Тимофеев и др., 2019]

Пункт ГНСС	Широта (° с. ш)	Долгота (° в. д.)	V_E , м/год	V_N , м/год
DALA	43.587	104.426	0.00506	-0.00188
BADA	51.756	102.216	0.00016	-0.00118
TEEG	45.666	101.441	0.00175	-0.00260
UNDU	43.085	101.306	0.00396	-0.00136
MOND	51.623	100.915	-0.00124	-0.00221
KHAR	44.466	100.790	0.00476	-0.00112
ORLK	52.537	99.802	-0.00004	-0.00009
BZUR	50.178	98.976	0.00159	-0.00259
BOL1	49.207	98.049	0.00252	-0.00159
ULIA	47.613	96.780	0.00316	-0.00043
ALTA	46.554	96.252	0.00469	0.00156
ERZN	50.250	95.023	0.00025	0.00104

Материалы II Всероссийской научной конференции «Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных регионов», посвященной 300-летию Российской академии наук

ARAD	52.443	93.570	0.00027	-0.00028
TANZ	53.135	92.916	-0.00260	-0.00095
KSTU	55.993	92.794	-0.00021	-0.00105
ULAA	49.971	92.078	0.00253	0.00145
HOVD	47.763	91.629	0.00137	0.00422
ABAK	53.669	91.590	-0.00041	-0.00152
CHAD	51.334	91.198	0.00116	-0.00018
ULGI	48.982	89.938	0.00380	0.00223
URUM	43.308	87.601	0.00412	0.00805
YAZU	50.58	88.85	0.00050	0.00240
ULAG	50.50	87.65	0.00140	0.00180
CHAG	50.06	88.41	0.00220	0.00510
UKOK	49.56	88.23	0.00630	0.00890
BALY	50.70	88.00	-0.00030	0.00190
SEMI	51.01	85.62	-0.00220	0.00150
USTK	50.93	84.76	-0.00200	0.00140
CHIK	50.64	86.31	-0.00180	0.00300
KURA	50.24	87.89	-0.00130	0.00250
KAIT	50.14	85.43	-0.00070	0.00170
TUNZ	52.01	86.47	0.00080	-0.00160
ARTB	51.79	87.28	-0.00250	-0.00030
NVSK	54.84	83.23	-0.00210	0.00070
KRUT	53.95	81.2	0.00130	-0.00080
ANUI	52.35	84.76	0.00180	0.00020
SOLO	51.70	84.41	0.00100	0.00240

V_E – скорость перемещения в восточном направлении, V_N – скорость перемещения в северном направлении

Табл. 2. Значения медианы (Q2), 1-го и 3-го квартилей (Q1 и Q3) модуля величины современной деформации (ϵ) Алтае-Саянской области

	$ \epsilon , \times 10^{-9}$		
	Q1	Q2	Q3
Вся территория Алтае-Саянской области	3.56	4.36	12.76
Эпицентры сильных землетрясений с $M_w \geq 5.5$	3.29	5.20	17.26

Исследование выполнено в рамках госзадания ИФЗ РАН и НИИР «Моделирование новейших геодинамических процессов, влияющих на сейсмичность и флюидную проницаемость осадочных толщ» (МГУ имени М.В. Ломоносова).

ЛИТЕРАТУРА

Агибалов А.О., Балашов Г.Р., Сенцов А.А. Применение метода катакластического анализа разрывных смещений Ю.Л. Ребецкого для обработки решений фокальных механизмов очагов землетрясений Алтае-Саянской области // Добрецовские чтения. Наука из первых рук. Мат-лы Второй Всероссийской научной конференции, посвященной памяти академика РАН Н.Л. Добрецова (18–26 июля 2024 г., Новосибирск — Горный Алтай, Россия). Новосибирск: СО РАН, 2024. — С. 13–15.

Делоне Б.Н. О пустоте сферы // Изв. АН СССР. ОМОН. — 1934. — № 4. — С. 793–800.

Материалы II Всероссийской научной конференции «Геотектоника и геодинамика сейсмоактивных регионов», посвященной 300-летию Российской академии наук

Лухнев А.В., Саньков В.А., Мирошниченко А.И., Ашурков С.В., Кале Э. Вращения и деформации земной поверхности в Байкало-Монгольском регионе по данным GPS-измерений // Геология и геофизика. — 2010. — Т. 51. — № 7. — С. 1006–1017.

Сенцов А.А. Сейсмотектоника опасных областей Восточно-Европейской платформы. Дис. ... к. геол.-мин. н. М., 2022. — 116 с.

Сенцов А.А., Агibalов А.О., Балашов Г.Р. Унификация каталогов землетрясений на примере Фенноскандии и Алтае-Саянской области // Добрецовские чтения. Наука из первых рук. Мат-лы Второй Всероссийской научной конференции, посвященной памяти академика РАН Н.Л. Добрецова (18–26 июля 2024 г., Новосибирск — Горный Алтай, Россия). Новосибирск: СО РАН, 2024. — С. 218–221.

Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В., Бойко Е.В. Современные движения земной поверхности Горного Алтая по GPS-наблюдениям // Геодинамика и тектонофизика. — 2019. — Т. 10. — № 1. — С. 123–146.

Zelenin E.A., Bachmanov D.M., Garipova S.T., Trifonov V.G., Kozhurin A.I. The Active Faults of Eurasia Database (AFEAD): the ontology and design behind the continental-scale dataset // Earth System Science Data. — 2022. — V. 14. — P. 4489–4503.