

Тектонофизическая цифровая база данных территории острова Сахалин*

П. А. Каменев^{1@}, А. В. Маринин², Л. А. Сим², Л. М. Богомолов¹,
А. Р. Лукманов², В. А. Дегтярев¹

@E-mail: p.kamenev@imgg.ru

¹ Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

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

Резюме. База тектонофизических данных по о. Сахалин, создаваемая коллективом авторов из Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН и Института морской геологии и геофизики ДВО РАН, обобщает результаты полевых исследований деформации горных пород и геологических тел на территории острова за период с 1973 по 2023 г. Сведения об основных характеристиках напряженно-деформированного состояния верхней части земной коры (оси главных напряжений, тип напряженного состояния, коэффициент Лодэ–Надаи, элементы залегания слоистости) получены в результате расчетов методами катакластического, структурно-парагенетического и кинематического анализа, а также сопряженных пар сколов. Исходными данными для расчетов служили полевые замеры параметров тектонической трещиноватости, зеркал скольжений и других структурных индикаторов деформаций. Результаты полевых тектонофизических исследований Сахалина, полученные разными исследователями в различное время, сведены в итоговые таблицы, которые включают данные о локальных стресс-состояниях для 264 точек наблюдения. Данные интегрированы с ГИС; в качестве системы управления базой данных используется программный комплекс Isoline GIS.

Ключевые слова: трещиноватость, зеркала скольжения, напряженно-деформированное состояние земной коры, оси главных напряжений, коэффициент Лодэ–Надаи

Tectonophysical digital database of Sakhalin Island*

Pavel A. Kamenev^{1@}, Anton V. Marinin², Lidia A. Sim², Leonid M. Bogomolov¹,
Anton R. Lukmanov², Vladislav A. Degtyarev¹

@E-mail: p.kamenev@imgg.ru

¹ Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

² Schmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, Moscow, Russia

Abstract. The paper summarizes the results of field tectonophysical studies of Sakhalin Island conducted by different researchers at different times. Information about the main characteristics of the stress-strained state of the upper part of the Earth's crust (principal stress axes, stress state type, Lode–Nadai coefficient, bedding planes) was obtained as a result of computations using methods of cataclastic analysis of discontinuous displacements, structural-paragenetic, kinematic, conjugate pairs of faults. The input data for the calculations were the materials of field measurements of fracturing, slickensides and structural patterns. The results obtained in the present and previous works on Sakhalin field tectonophysical research are represented in summary tables that include data on local stress states for 264 observation points. The results are incorporated to GIS, the Isoline GIS software is used for the database management system.

Keywords: fracturing, slickensides, stress-strained state of the Earth's crust, principal stress axes, Lode–Nadai coefficient

* Перевод данной статьи на английский язык напечатан в журнале «Геосистемы переходных зон», 2025, т. 9, № 1, с. 37–55.
<https://doi.org/10.30730/gtr.2025.9.1.037-055>; <https://www.elibrary.ru/ouzgfu>

Full text of this article in English published in the “Geosystems of Transition Zones” journal, 2025, vol. 9, No. 1. pp. 37–55.
<https://doi.org/10.30730/gtr.2025.9.1.037-055>; <https://www.elibrary.ru/ouzgfu>

Для цитирования: Каменев П.А., Маринин А.В., Сим Л.А., Богомолов Л.М., Лукманов А.Р., Дегтярев В.А. Тектонофизическая цифровая база данных территории острова Сахалин. [Электронный ресурс]. *Геосистемы переходных зон*, 2025, т. 9, № 1. <http://journal.imgg.ru/web/full/f2025-1-3.pdf>; <https://doi.org/10.30730/gtrz.2025.9.1.037-055>

For citation: Kamenev P.A., Marinin A.V., Sim L.A., Bogomolov L.M., Lukmanov A.R., Degtyarev V.A. Tectonophysical digital database of Sakhalin Island. *Geosistemy perexodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2025, vol. 9, No. 1, pp. 37–55. (In Russ. & in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtrz.2025.9.1.037-055>; <https://www.elibrary.ru/ouzgfu>

Финансирование и благодарности

Исследования проведены в рамках госзадания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (FWWM-2021-0001) и госзадания Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (FMWU-2025-0036).

Авторы признательны Ю.В. Кострову за помощь в проведении полевых исследований. Особая благодарность В.М. Яковлеву и В.В. Яковлеву за предоставленный пакет программного обеспечения Isoline GIS.

Funding and Acknowledgements

The research was carried out with the framework of the state task of the Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS (FWWM-2021-0001) and the state task of the Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (FMWU-2025-0036).

The authors are grateful to Yury V. Kostrov for his support in conducting field research. The Authors express special gratitude to Vitaliy M. Yakovlev and Vyacheslav V. Yakovlev for the kindly provided software package Isoline GIS.

Введение

Тектонофизика довольно молодая наука, но уже обладает мощным методологическим аппаратом, как самостоятельным, так и в сочетании с методами других наук [1]. Сегодня методы тектонофизики активно применяются для решения задач геодинамики, тектоники, структурной геологии, геомеханики, разведки и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. В прикладном аспекте только с помощью этих методов и удается реконструировать поля напряжений, например, на месторождениях полезных ископаемых [2, 3]. В фундаментальных исследованиях эти методы помогают, в частности, уточнять границы тектонических плит [4].

На о. Сахалин методы тектонофизики начали активно применяться в угольной отрасли в конце XX в. с целью прогнозирования опасных динамических и газодинамических явлений (горных ударов, выбросов угля и газа). Такие проявления имели место на сахалинских шахтах Бошняковского и Лопатинского месторождений [2]. Позднее методом катаклатического анализа (МКА) разрывных смещений [5] были реконструированы тектонические напряжения острова с использованием данных о механизмах очагов землетрясений [6]. В последние годы полевые тектонофизические исследования возобновлены в работах Л.А. Сим с соавторами [4, 7, 8] и продолжены

сотрудниками Института физики Земли РАН (ИФЗ РАН) совместно с сотрудниками Института морской геологии и геофизики ДВО РАН (ИМГиГ ДВО РАН) [9, 10].

Полевые тектонофизические исследования на Сахалине проводятся с использованием ГИС-технологий. Это позволило создать Тектонофизическую базу данных о. Сахалин, зарегистрированную в Федеральной службе регистрации интеллектуальной собственности в 2024 г. [11]. Эта база включает результаты исследований 2020–2023 гг. Целью настоящей работы является систематизация тектонофизической информации, полученной в период с 1973 по 2023 г. с помощью полевых тектонофизических методов на о. Сахалин, для ее введения в научный оборот с открытым доступом к ней всех заинтересованных исследователей.

Район и материалы исследования

В геологическом строении о. Сахалин принимают участие преимущественно мелкайнозойские осадочные породы с незначительной долей вулканогенных образований [12, 13], за исключением нескольких формаций центрального и восточного Сахалина, представленных вулканогенными ультраосновными и метаморфизованными толщами

с палеонтологически обоснованным возрастом от силура до юры [14]. Относительно молодой возраст осадочных пород обуславливает их сильную подверженность воздействию экзогенных процессов, выражающуюся в интенсивном выветривании. Значительную часть острова занимают территории с низким рельефом, не имеющие обнажений.

Район исследования охватывает всю территорию о. Сахалин, где инфраструктура позволяет добраться до мест обнажений горных пород. Помимо затруднений, связанных с транспортной инфраструктурой, полевые исследования сталкиваются и с другими сложностями. В зимнее время снежный покров не позволяет осуществлять полевые работы. В летний сезон буйная растительность осложняет как обнаружение обнажений, так и доступ к ним. Проведение морских маршрутов на побережьях затруднено суровыми погодными условиями, ограниченным сезоном навигации и полевыми работ, отсутствием подъездных дорог, наличием пограничной зоны и др.

По этим причинам на сегодняшний день остались мало изучены или не затронуты исследованием северная часть п-ова Шмидта, большая часть Северо-Сахалинской равнины, восточное побережье острова от Луньского залива до с. Пограничное, Тымь-Поронайская низменность и п-ов Терпения, а также восточное побережье п-ова Крильон.

В результате наших полевых исследований собраны достоверные данные по различным типам геологических индикаторов напряжений/деформаций. Наиболее широко представлены трещины без видимых следов смещений. Реже встречаются трещины с минерализацией в виде кристаллов и щеток, минеральных корок, а также без минерализации. Наибольшее внимание уделялось замерам зеркал скольжений, преимущественно по ним проводилась реконструкция тектонических напряжений, и, соответственно, они составляют основу настоящей работы. При реконструкции напряжений, территориально приуроченных к угольным месторождениям на западе Сахалина, были использованы разрывы от крупноамплитудных (смещение более

1000 м) до трещин (менее 10 см). Но наиболее полно представлены крупноамплитудные и средние смещения (менее 10 м), которые отображены на тектонических схемах районов с месторождениями угля. Эти данные и были использованы для тектонофизической реконструкции.

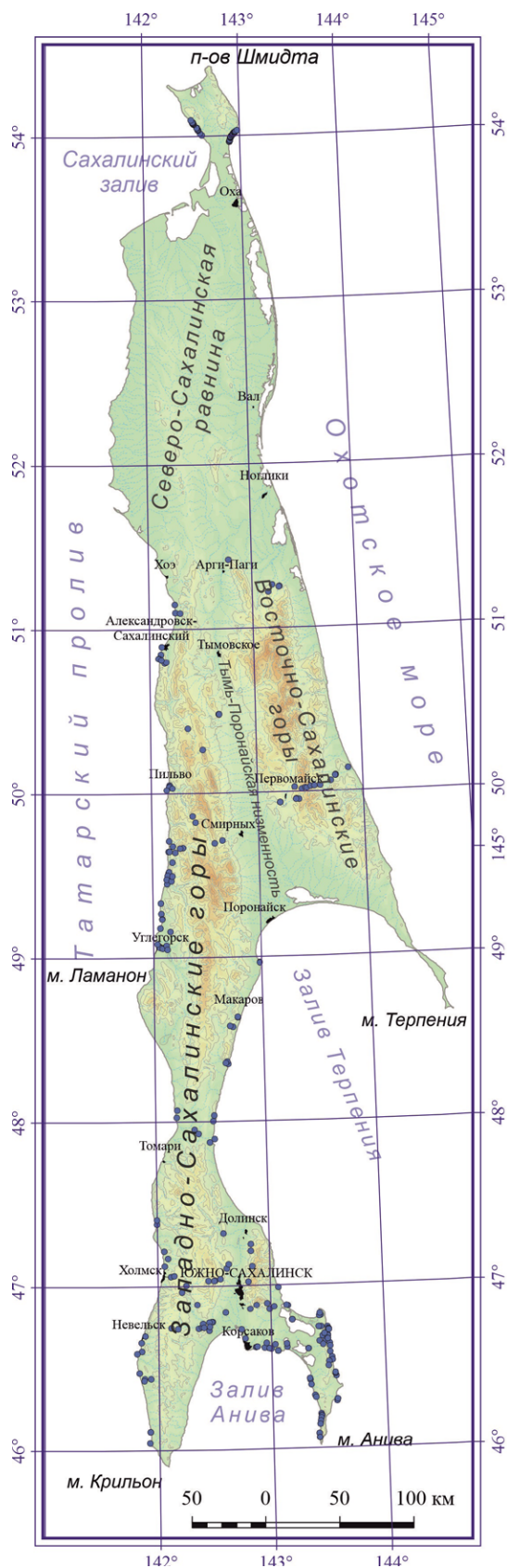
В некоторых точках наблюдения было зафиксировано замещение одних геологических стресс-индикаторов другими дизъюнктивными нарушениями. Это позволило выделить относительную последовательность формирования структур.

К сожалению, в рамках настоящей работы нет возможности представить всю имеющуюся информацию. Большинство результатов исследования опубликовано в наших предыдущих статьях [3, 4, 7–10], с разной степенью детализации. Полномасштабные и детальные результаты по всем районам исследований планируется регулярно размещать на специальной странице сайта Института морской геологии и геофизики ДВО РАН.

На сегодняшний день в базу данных полевых тектонофизических исследований вошли сведения по 264 точкам наблюдения. Ниже приведена обзорная карта, на которой обозначены эти точки.

Методика

Данные, используемые в настоящей работе, получены преимущественно методом катакластического анализа (МКА) разрывных смещений [5], а также структурно-парагенетическим методом анализа малых дизъюнктивов [15], кинематическим методом О.И. Гущенко [16], методом сопряженных пар сколов М.В. Гзовского [17]. Кроме того, для обобщения полевых тектонофизических данных был использован метод обобщения – усреднения поля напряжений Л.А. Сим [18]. Для обработки полевых замеров зеркал скольжения с установленной кинематикой смещений использовался МКА [5] и специально разработанная на его основе программа STRESSgeol [19]. Кроме того, для обработки ряда замеров



Карта района исследования с нанесенными на нее точками наблюдения.

Map of the study area with the observation points.

применялся и модифицированный алгоритм этого метода [20].

С помощью МКА определялись количественные и качественные характеристики реконструируемых локальных стресс-состояний. Основными из них являются углы ориентации осей главных напряжений, а также величины самих напряжений; тип напряженного состояния; коэффициент Лоде–Надаи. Базовые положения МКА основаны на представлениях о квазипластическом деформировании геологической среды, а также положениях теории пластичности в условиях максимальной диссипации внутренней упругой энергии для рассчитываемого тензора напряжений. Программа STRESSgeol содержит автоматизированный алгоритм разделения всех данных по сколам на однородные выборки, которые определяют временные фазы квазиоднородного деформирования макрообъема, что обеспечивает максимальное значение суммарной энергии диссипации при минимальном количестве выделяемых фаз.

Структурно-парагенетический метод анализа малых дизъюнктивов Л.М. Расцветаева основан на представлении о квазипластическом деформировании массива горных пород. Это представление обеспечивает энергетическую эффективность смещений по образованным ранее нарушениям массива пород [15]. Метод предполагает использование основных типов геологических индикаторов напряжений, которые описывают общий пространственно-временной ряд квазипластического деформирования исследуемого участка горных пород. Малые дизъюнктивы (тектоническая трещиноватость) формируют некие шаблонные структурные рисунки, которые связаны между собой пространственно-временными характеристиками и могут рассматриваться как парагенетические ассоциации, или структурные парагенезы. Полевые данные обобщались в виде структурных диаграмм и затем анализировались и как отдельные точки, и в групповом виде в соответствии с их местом в тектонической структуре района исследования.

Кинематический метод О.И. Гущенко [16] применяется при обработке полевых данных как о положении плоскостей разрыва, так и об ориентации борозд скольжения. В основу метода заложен постулат дислокационного анализа, из которого следует, что при известной ориентации осей главных напряжений направление вектора скольжения на плоскости произвольно ориентированной трещины лежит в створе угла, определяемого крайними значениями коэффициента Лоде–Надаи. По ориентировкам векторов перемещения на совокупности зеркал скольжения решается обратная задача по восстановлению ориентировок тектонических напряжений, обусловивших эти перемещения.

В методе сопряженных пар сколов М.В. Гзовского выбираются пары сколовых трещин – одновозрастных трещин, которые сформировались в однородном поле напряжений, при этом сопряженность сколовых разрывов двух направлений определяется по их слиянию, взаимному пересечению, противоположности направлений смещений [17]. Линия пересечения этих трещин совпадает с осью промежуточного главного напряжения, а биссектрисы смежных углов – с направлениями осей главных напряжений.

В настоящей работе представлены результаты разных авторов, собранные и обработанные на протяжении многих лет по разным методикам, в зависимости от специфики полевых данных. Детальное описание применения каждой из этих методик приведено в наших работах [3, 4, 7–10].

Результаты исследования

С 2016 по 2023 г. коллективом исследователей был проведен ряд краткосрочных и длительных экспедиций, в том числе и в производственных целях. Большинство результатов этих полевых исследований были опубликованы [3, 4, 7–10]. В результате систематизации данных составлена сводка параметров напряженно-деформированного состояния (рассчитанных на основе полевых замеров) (см. та-

блицы 1 и 2 в приложении). В табл. 1 отражены: координаты точек наблюдения 1–212; ориентировки осей главных напряжений (σ_1 – минимальных (растяжение), σ_2 – промежуточных и σ_3 – максимальных (сжатие)), реконструированные при помощи МКА по структурно-кинематическим данным о трещинах и зеркалах скольжения; тип (обстановка) напряженного состояния; коэффициент Лоде–Надаи μ_0 ; элементы залегания слоистости; количество замеров в точке общее и использованное для расчета в программе STRESSgeol. В табл. 2 (точки 213–264) представлена имеющаяся информация по осям главных напряжений (по [4]), приведены данные из работ [2, 3] по реконструкции осей главных напряжений методом сопряженных пар сколов М.В. Гзовского.

Наряду с другими геолого-геофизическими данными [21], результаты, представленные в настоящем исследовании, интегрированы с единой цифровой геоинформационной системой (ГИС). В качестве системы управления базой данных мы используем программу Isoline GIS, предоставленную разработчиками в образовательных и научно-исследовательских целях. И хотя программа ориентирована по большей части на нефтегазовый и горнодобывающий сектор экономики [22], она вполне может служить удобным интерфейсом при работе с цифровой базой тектонофизических данных. Одновременная визуализация и интерпретация разнородной геолого-геофизической информации позволяет проводить исследования на новом уровне, при этом, в отличие от результатов исследований прошлого века [2], цифровую информацию могут использовать все заинтересованные в ней лица.

Проведенные в период 2016–2023 гг. исследования выявили различия в геодинамической обстановке на восточном и западном побережье п-ова Шмидта. Для всей этой территории преобладают обстановки горизонтального сдвига. Для западного побережья характерна СЗ ориентировка оси максимального сжатия и субгоризонтальное ее положение. Восточное побережье характеризуется обстановками горизонтального растяжения, они,

как правило, приурочены к приосевым частям антиклинальных структур. Направления максимального сжатия здесь очень изменчивы. Параметры напряженно-деформированного состояния п-ова Шмидта существенно отличаются от параметров остальной территории о. Сахалин на неотектоническом этапе.

Область центрального Сахалина характеризуется доминирующей субвертикальной ориентацией оси максимального сжатия, а также субгоризонтальной и чаще всего субмеридионально направленной осью минимального сжатия (растяжения). На всей территории центрального Сахалина преобладает горизонтальное растяжение как тип напряженного состояния. В западной части центрального Сахалина значительно распространены обстановки горизонтального сжатия и горизонтального сдвига. В восточной и приосевой части, при приближении к Охотскому морю, увеличивается число обстановок горизонтального растяжения.

Разрывные нарушения угольных месторождений западного побережья о. Сахалин характеризуются двумя, реже тремя-четырьмя плотностными максимумами на стереографических проекциях. Большинству исследованных месторождений присущи разрывы сбросового типа, поэтому разрывы, элементы залегания которых образуют каждую пару максимумов, могут рассматриваться как сопряженные.

Общая выявленная для всех месторождений закономерность – практически горизонтальное положение оси растяжения, которая ориентирована субмеридионально. Северное и северо-северо-восточное направление этой оси характерно для Лопатинского, Лесогорского, Дуйского, Мгачинского, а также значительной части Углегорского и Бошняковского месторождений, оно резко меняется на субширотное направление на юге Углегорского и Бошняковского месторождений. Ось сжатия ориентирована преимущественно субширотно с незначительными отклонениями в южном и северном направлениях и наклонена под углами 30–70°.

На основе данных о локальных стресс-состояниях (ЛСС) методом нахождения «общего», или усредненного поля тектонических напряжений [18] было реконструировано региональное поле южного Сахалина. В пяти однородноосных объемах восстановлено по два ЛСС и в одном – три; усредненное поле напряжений определялось по 36 локальным осям сжатия и растяжения. Их локализация на стереограмме позволила определить конусы сжатия и растяжения и региональное поле напряжений со следующими характеристиками: $\sigma_1 - 350^\circ \angle 10^\circ$; $\sigma_2 - 112^\circ \angle 66^\circ$; $\sigma_3 - 260^\circ \angle 20^\circ$; $\tau_{\max} - (-32^\circ \angle 83^\circ)$, левый сдвиг; $\tau_{\max} - 125^\circ \angle 68^\circ$, правый сдвиг.

Заключение

В настоящей работе дана сводка основных результатов полевых тектонофизических исследований различных лет, выполненных разными группами исследователей в разное время. Результаты по 264 точкам наблюдения представлены в виде таблиц, содержащих ключевые параметры напряженного состояния коры Сахалина. В отличие от результатов предыдущих исследований и аналогичных работ в других регионах, наша база данных полностью интегрирована с ГИС и управляется с помощью программного комплекса Isoline GIS.

Таким образом, объединена, обобщена и систематизирована уникальная региональная тектонофизическая информация, которая может быть использована как в фундаментальных, так и сугубо прикладных целях для оценки устойчивости стенок скважин, бортов карьеров, склонов и других технических задач. Это позволяет на качественно новом уровне рассматривать результаты полевых тектонофизических исследований совместно с другими геолого-геофизическими данными. База данных продолжает пополняться новыми результатами полевых наблюдений и будет размещена в открытом доступе на специальной странице сайта Института морской геологии и геофизики ДВО РАН.

Список литературы

1. *Российская тектонофизика: К 100-летию юбилею Михаила Владимировича Гзовского*: сб. ст. **2019**. Апатиты: ФИЦ КНЦ РАН, 359 с.
2. Шпеталенко Л.П., Чмыхалова Т.П., Чайникова М.В. **1976**. *Атлас тектонических структур угольных месторождений Сахалина*. Южно-Сахалинск: Сах. отд. Дальневост. кн. изд-ва, 93 с.
3. Каменев П.А., Маринин А.В. **2023**. Реконструкция палеонапряжений Западного Сахалина по результатам тектонофизических исследований. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*, 6: 52–65. <https://doi.org/10.15372/FTPRPI20230605>
4. Сим Л.А., Богомолов Л.М., Брянцева Г.В., Саввичев П.А. **2017**. Неотектоника и тектонические напряжения острова Сахалин. *Геодинамика и тектонофизика*, 8(1): 181–202. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-1-0237>
5. Ребецкий Ю.Л. **2007**. *Тектонические напряжения и прочность природных массивов*. М.: Академкнига, 406 с.
6. Татаурова А.А. **2015**. Поля напряжений и деформаций по данным механизмов коровых землетрясений о. Сахалин. *Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле*, 3(27): 93–101.
7. Сим Л.А., Богомолов Л.М., Кучай О.А., Татаурова А.А. **2017**. Неотектонические и современные напряжения юга Сахалина. *Тихоокеанская геология*, 36(3): 88–101.
8. Сим Л.А., Каменев П.А., Богомолов Л.М. **2020**. Новые данные о новейшем напряженном состоянии земной коры острова Сахалин (по структурно-геоморфологическим индикаторам тектонических напряжений). *Геосистемы переходных зон*, 4(4): 372–383. <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.4.372-383>
9. Маринин А.В., Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Каменев П.А., Костров Ю.В., Бондарь И.В., Гордеев Н.А., Дегтярев В.А. **2021**. Реконструкция тектонических напряжений на полуострове Шмидта (Сахалин). *Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле*, 4(52): 73–88. <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2021-4-52-73-88>
10. Каменев П.А., Маринин А.В., Дегтярев В.А., Лукманов А.Р. **2023**. Реконструкция тектонических напряжений Центрального Сахалина. *Вестн. КРАУНЦ. Науки о Земле*, 1(57): 89–103. <https://doi.org/10.1134/s1819714023080079>
11. Каменев П.А., Маринин А.В. **2024**. *Тектонофизическая база данных о. Сахалин*: свид-во о регистрации базы данных РФ 2024623290, № 2024623016 от 12.07.2024; опублик. 24.07.2024, Бюл. № 8.
12. Шаруева Л.И., Лопатин Б.Г. (сост.) **2016**. *Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Дальневосточная. Лист N-54 (Николаевск-на-Амуре)*: объяснительная записка. СПб.: Картогр. фабрика ВСЕГЕИ, 477 с. URL: https://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Dalnevostochnaya/n-54.php
13. Аленичева А.А., Лызганов А.В., Иванова В.В. и др. (сост.) **2019**. *Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Серия Дальневосточная. Лист L-(53), 54 (Южно-Сахалинск)*: объяснительная записка. СПб.: Картогр. фабрика ВСЕГЕИ, 536 с. URL: https://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Dalnevostochnaya/l-53-54.php
14. Рихтер А.В. **1986**. *Структура и тектоническое развитие Сахалина в мезозое*. М.: Наука, 93 с. (Труды ГИН РАН; вып. 411).
15. Расцветаев Л.М. **1987**. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений. В кн.: *Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов*. М.: ГИН АН СССР, ч. 2: 173–235.
16. Гущенко О.И. **1975**. Кинематический принцип реконструкции направлений главных напряжений (по геологическим и сейсмологическим данным). *Доклады Академии наук СССР*, 225(3): 557–560.
17. Гзовский М.В. **1975**. *Основы тектонофизики*. М.: Наука, 535 с.
18. Сим Л.А. **1982**. Определение регионального поля по данным о локальных напряжениях на отдельных участках. *Известия вузов. Геология и разведка*, 4: 35–40.
19. Ребецкий Ю.Л., Сим Л.А., Маринин А.В. **2017**. *От зеркал скольжения к тектоническим напряжениям. Методы и алгоритмы*. М.: ГЕОС, 234 с.
20. Ребецкий Ю.Л., Сычева Н.А. **2024**. Напряженное состояние земной коры Алтае-Саянской горной области: реконструкция на основе модифицированных алгоритмов катакластического метода. *Геосистемы переходных зон*, 8(4): 261–276. <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.4.261-276>; <https://www.elibrary.ru/poihsb>
21. Каменев П.А., Дегтярев В.А., Жердева О.А., Костров Ю.В. **2024**. Кинематика разрывных нарушений Сахалина по геологическим и сейсмологическим данным. *Геосистемы переходных зон*, 8(1): 37–46. <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.1.037-046>; <https://www.elibrary.ru/bajsbfb>
22. Анисимов Г.А., Валеева С.Е., Валеева И.Ф., Анисимова Л.З. **2016**. О современной ситуации по использованию программных комплексов в недропользовании. *Экспозиция Нефть Газ*, 6(52): 13–15.

References

1. *Russian tectonophysics: In M.V. Gzovsky's 100th Anniversary commemoration: Collected works*. 2019. Apatity: FITS KNTS RAN, 359 p. (In Russ.).
2. Shpetalenko L.P., Chmikhailova T.P., Chaynikova M.V. 1976. [Atlas of tectonic structures of Sakhalin coal deposits]. Yuzhno-Sakhalinsk: Far East Publ. Hous, 93 p. (In Russ.).
3. Kamenev P.A., Marinin A.V. 2023. Reconstruction of paleostresses in the West of Sakhalin from tectonophysical research findings. *Journal of Mining Science*, 59(6): 919–929. <https://doi.org/10.1134/S1062739123060054>
4. Sim L.A., Bogomolov L.M., Bryantseva G.V., Savvichev P.A. 2017. Neotectonics and tectonic stresses of the Sakhalin Island. *Geodynamics & Tectonophysics*, 8(1): 181–202. (In Russ.). <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-1-0237>
5. Rebetskiy Yu.L. 2007. [Tectonic stresses and strength of natural massifs]. Moscow: Akademkniga, 406 p. (In Russ.).
6. Tataurova A.A. 2015. Stress and strain fields based on data on crustal earthquake mechanisms in Sakhalin Island. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 3(27): 93–101. (In Russ.).
7. Sim L.A., Bogomolov L.M., Kuchai O.A., Tataurova A.A. 2017. Neotectonic and modern stresses of South Sakhalin. *Russian Journal of Pacific Geology*, 11(3): 223–235. <https://doi.org/10.1134/s1819714017030058>
8. Sim L.A., Kamenev P.A., Bogomolov L.M. 2020. New data on the latest stress state of the earth's crust on Sakhalin Island (based on structural and geomorphological indicators of tectonic stress). *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 4(4): 372–383. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.4.372-383>
9. Marinin A.V., Rebetskiy Yu.L., Sim L.A., Kamenev P.A., Kostrov Yu.V., Bondar I.V., Gordeev N.A., Degtyarev V.A. 2021. Reconstruction of tectonic stresses on the Schmidt Peninsula, Sakhalin. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 4(52): 73–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.31431/1816-5524-2021-4-52-73-88>
10. Kamenev P.A., Marinin A.V., Degtyarev V.A., Lukmanov A.R. Reconstruction of tectonic stresses of the Central Sakhalin. 2023. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle = Bull. of KRAESC. Earth Sciences*, 57(1): 89–103. (In Russ.). <https://doi.org/10.1134/s1819714023080079>
11. Kamenev P.A., Marinin A.V. 2024. *Sakhalin Island tectonophysical database: certificate of registration of the database: RU 2024623290, No. 2024623016 of 12.07.2024; publ. 24.07.2024, Bull. № 8.*
12. Sharueva L.I., Lopatin B.G., Roganov G.V. et al. (comp.) 2016. [State Geological map of Russian Federation on a scale of 1:1 000 000. Third generation. Far East series. Sheet N-54 (Nikolaevsk-na-Amure)]: [Explanatory note]. Saint Petersburg: Kartograf. fabrika VSEGEI, 477 p. (In Russ.). URL: https://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Dalnevostochnaya/n-54.php
13. Alenicheva A.A., Lizganov A.V., Ivanova V.V. et al. (comp.) 2019. [State Geological map of Russian Federation on a scale of 1:1 000 000. Third generation. Far East series. Sheet L-(53), 54 (Yuzhno-Sakhalinsk)]: [Explanatory note]. St. Petersburg: Kartograf. fabrika VSEGEI, 536 p. (In Russ.). URL: https://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Dalnevostochnaya/l-53-54.php
14. Richter A.V. 1986. *The structure and tectonic development of Sakhalin in the Mesozoic*. Moscow: Nauka, 93 p. (Proceedings of the GIN RAS; Iss. 411). (In Russ.).
15. Rastsvetaev L.M. 1987. Paragenetic method of structural analysis of disjunctive tectonic faults. In: *Problems of structural geology and physics of tectonic processes*. Moscow: GIN AN SSSR, pt. 2: 173–235. (In Russ.).
16. Gushchenko O.I. 1975. The kinematic principle of reconstruction of the directions of the main stresses (according to geological and seismological data). *Doklady AN SSSR = Proceedings of the USSR Academy of Sciences*, 225(3): 557–560. (In Russ.).
17. Gzovsky M.V. 1975. *Fundamentals of tectonophysics*. Moscow: Nauka, 535 p. (In Russ.).
18. Sim L.A. 1982. [Determination of the regional field from the data on local stresses on separate sites]. *Izvestia vuzov. Geologiya i razvedka = Geology and Exploration*, 4: 35–40. (In Russ.).
19. Rebetskiy Yu.L., Sim L.A., Marinin A.V. 2017. [From slickensides to tectonic stresses. Methods and algorithms]. Moscow: GEOS, 234 p. (In Russ.).
20. Rebetskiy Yu.L., Sycheva N.A. 2024. The stressed state of the Earth's crust in the Altai-Sayan mountain region: reconstruction based on the modified algorithms of the cataclastic method. *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 8(4): 261–276. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.4.261-276>
21. Kamenev P.A., Degtyarev V.A., Zherdeva O.A., Kostrov Yu.V. 2024. The fault kinematics of the Sakhalin Island based on geological and seismological methods. *Geosistemy perhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 8(1): 37–46. <https://doi.org/10.30730/gtr.2024.8.1.037-046>; URL: <http://journal.imgg.ru/web/full/f-e2024-1-3.pdf>
22. Anisimov G.A., Valeeva S.E., Valeeva I.F., Anisimova L.Z. 2016. About the current situation on the use of software systems in the mineral wealth use. *Exposition Oil & Gas*, 6(52): 13–15. (In Russ.).

ПРИЛОЖЕНИЕ / APPENDIX

Таблица 1. Параметры палеонапряженного состояния территории о. Сахалин (по данным полевых исследований авторов и опубликованных источников за период с 1973 по 2023 г.)

Table 1. Parameters of the paleo-stressed state in the area of the Sakhalin region (according to field research data of the Authors and to published works during 1973–2023)

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_c	Элементы залегания	Количество замеров	
		с.ш.	в.д.	Аз	Пд	Аз	Пд	Аз	Пд				N общее	N для расчетов
1	21108	46°23.321'	143° 0.470'	83	24	338	30	205	50	ГР	0.1	–	13	12
2	21109	46°25.637'	143° 9.826'	277	30	164	34	38	42	ГР	0.02	–	8	6
3	21110	46°25.079'	143°19.956'	214	12	308	19	95	67	ГР	-0.12	–	9	5
4	21111	46°17.852'	143°34.045'	114	12	205	1	297	78	ГР	0.02	–	10	10
5	21112	46°17.836'	143°34.106'	277	30	185	3	90	60	ГР	0.02	–	12	12
6	21113	46°17.127'	143°33.961'	121	18	30	4	288	72	ГР	0.35	–	12	9
7	22133	46°49.218'	143°25.845'	239	12	148	7	28	76	ГР	0.04	259∠60	10	9
8	22134	46°44.459'	143°25.277'	165	19	73	6	326	71	ГР	0.06	–	13	11
9	22135	46°52.702'	143°08.525'	112	34	202	1	293	56	ГР	0.01	240∠30	11	9
10	22136	46°52.372'	143°09.315'	176	4	354	86	86	0	Гор. сдвиг	-0.07	–	13	10
11	22152	46°43.158'	143°30.508'	90	0	360	12	180	78	ГР	-0.01	335∠20	7	7
12	22153	46°43.342'	143°30.426'	342	25	251	4	153	65	ГР	0.02	290∠25	10	6
13	22154	46°43.569'	143°30.097'	78	12	280	77	169	5	Гор. сдвиг	-0.05	80∠30	10	10
14	22155	46°44.309'	143°29.747'	139	11	232	16	16	71	ГР	0.32	90∠70	9	9
15	22156	46°44.281'	143°26.445'	342	0	252	13	72	77	ГР	0.01	–	10	10
16	22159	46°59.111'	143°04.332'	90	6	183	24	347	65	ГР	-0.46	70∠15	11	10
17	22160	46°30.045'	143°29.843'	84	0	354	12	174	78	ГР	0.6	–	11	8
18	22161	46°31.653'	143°30.340'	103	18	235	65	7	18	Гор. сдвиг	0.01	–	13	12
19	22162	46°32.122'	143°31.907'	283	18	191	4	90	72	ГР	-0.05	–	13	11
20	22163	46°33.154'	143°31.851'	6	17	103	21	240	62	ГР	0.27	–	10	6

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_c	Элементы залегания	Количество замеров	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠				N общее	N для расчетов
21	22165	46°35.162'	143°30.798'	180	18	83	22	306	61	ГР	0.13	-	10	10
23	22168	46°19.306'	143°22.397'	90	36	203	28	321	41	Верт. сдвиг	0.38	-	9	6
24	22185 А	46°03.941'	143°24.257'	246	6	337	8	120	80	ГР	0.18	-	12	5
25	22185 В	46°03.941'	143°24.257'	276	0	6	86	186	4	Гор. сдвиг	-0.3	-	12	7
26	22186	46°05.421'	143°24.012'	53	11	148	23	300	64	ГР	-0.33	120∠70	12	10
27	22189	46°08.736'	143°24.552'	246	6	338	16	136	73	ГР	-0.11	-	10	10
28	22190	46°09.966'	143°25.029'	308	17	126	73	218	1	Гор. сдвиг	-0.05	-	11	10
29	22191	46°11.048'	143°25.346'	202	21	107	13	346	65	ГР	0	-	14	13
30	22192	46°11.714'	143°25.476'	248	34	7	36	129	36	ГР+сдвиг	-0.14	-	9	8
31	22193	46°12.124'	143°25.439'	292	34	37	21	153	48	ГР	0.54	-	8	7
32	22194	46°12.722'	143°25.309'	284	29	188	11	79	58	ГР	-0.24	-	9	9
33	22195	46°06.984'	141°55.250'	11	5	280	19	114	71	ГР	0.02	-	8	8
34	22196	46°06.993'	141°55.315'	244	23	336	5	76	66	ГР	-0.32	-	9	8
35	22197	46°02.751'	141°54.939'	153	63	275	15	11	22	ГС	0	-	11	10
36	22206	46°38.473'	143°08.220'	308	17	206	34	59	51	ГР	-0.33	-	10	8
37	22207	46°37.199'	143°08.306'	136	22	261	55	35	26	Гор. сдвиг	0.29	-	14	13
38	23209	46°43.905'	142°44.130'	284	29	181	22	59	52	ГР	-0.11	190∠20	10	9
39	23210	46°51.346'	142°49.002'	354	17	174	73	264	0	Гор. сдвиг	-0.07	270∠20	12	12
40	23211	46°40.629'	142°45.948'	66	6	159	30	326	60	ГР	-0.09	280∠10	10	10
41	23212	46°27.626'	143°33.337'	138	6	232	34	40	55	ГР	-0.03	-	10	10
42	23213	46°27.372'	143°33.217'	250	23	153	17	30	61	ГР	-0.24	-	8	7
43	23214	46°27.215'	143°33.289'	96	6	188	17	348	72	ГР	-0.05	-	8	8
44	23215	46°26.351'	143°33.911'	318	6	227	9	80	80	ГР	0.21	-	8	7
45	23216 А	46°47.125'	143°11.403'	174	29	54	42	286	34	Гор. сдвиг	0.26	-	9	4

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_c	Элементы залегания	Количество замеров	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠				N общее	N для расчетов
46	23216 В	46°47.125'	143°11.403'	264	6	171	23	8	66	ГР	-0.31	-	9	4
47	23218	46°35.872'	143°03.362'	6	0	276	12	96	78	ГР	-0.32	-	12	12
49	23219 В	46°35.937'	143°03.449'	18	0	108	0	270	90	ГР	0.14	-	11	4
50	23220 А	46°36.521'	143°19.384'	264	12	161	46	5	42	ГР+сдвиг	0.02	-	16	6
51	23220 В	46°36.521'	143°19.384'	24	0	114	0	270	90	ГР	0.13	-	16	10
52	23221	46°41.937'	143°28.174'	341	15	247	14	115	69	ГР	0.51	-	10	10
53	23222 А	46°39.869'	143°29.928'	249	28	344	9	90	60	ГР	-0.05	-	8	3
54	23222 В	46°39.869'	143°29.928'	146	36	237	1	328	54	Верт. сдвиг	-0.41	-	8	5
55	23223	46°40.926'	143°29.763'	264	12	359	25	150	62	ГР	0.35	-	10	7
56	23224	46°41.290'	143°29.841'	42	0	132	0	270	90	ГР	-0.04	-	7	7
57	23225	46°41.815'	143°28.462'	323	21	213	41	73	41	ГР+сдвиг	-0.36	-	8	8
58	23226	46°48.437'	143°25.712'	211	30	318	27	81	48	ГР	0.03	210∠60	11	9
59	23227	46°48.655'	143°26.544'	108	11	206	33	2	54	ГР	0.17	260∠40	10	10
60	23228	46°36.778'	142°58.918'	257	23	129	55	358	25	Гор. сдвиг	0.03	-	10	10
61	23229	46°37.091'	142°56.477'	252	11	156	28	2	60	ГР	-0.04	260∠40	12	12
62	23230	46°36.591'	142°59.978'	288	47	142	38	38	18	ГС+сдвиг	0.47	-	8	7
63	23231	46°37.507'	142°52.332'	114	6	205	11	356	78	ГР	0.13	-	10	10
64	23232	46°37.411'	142°52.006'	90	36	360	0	270	54	Верт. сдвиг	-0.05	-	7	6
65	23233	46°37.361'	142°51.462'	115	12	213	34	8	53	ГР	-0.39	-	7	7
66	20060	50°05.563'	143°44.308'	167	27	66	21	304	54	ГР	0.04	329∠10	8	8
67	20061	50°05.644'	143°44.541'	146	26	54	4	317	64	ГР	0.42	334∠10	9	9
68	20062	50°05.724'	143°44.634'	131	27	232	19	353	55	ГР	-0.01	284∠12	7	7
69	20066	50°08.174'	143°51.883'	349	21	246	29	110	52	ГР	-0.01	214∠50	8	8
70	20068	50°03.654'	143°41.660'	202	10	72	74	294	12	Гор. сдвиг	0.01	204∠10	7	5

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_c	Элементы залегания	Количество замеров	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠				N общее	N для расчетов
71	20072	46°28.449'	141°49.797'	180	12	280	41	77	47	ГР+сдвиг	0.11	64∠30	6	5
72	20073	46°35.385'	141°48.781'	258	12	348	2	90	78	ГР	-0.05	-	10	10
73	20074	46°36.318'	141°51.125'	126	6	33	28	226	61	ГР	-0.13	-	9	4
75	21076	48°21.861'	142°39.490'	258	6	167	10	17	78	ГР	0.03	109∠70	12	9
76	21077	48°35.008'	142°41.559'	276	0	6	18	186	72	ГР	0.11	89∠75	6	4
77	21078	48°34.602'	142°43.104'	216	6	316	60	122	29	Гор. сдвиг	0.08	79∠70	12	10
78	21079	48°38.185'	142°45.962'	245	18	153	5	46	71	ГР	0.16	-	11	8
79	21080	48°38.089'	142°45.920'	110	23	16	7	270	66	ГР	0.08	-	12	12
80	21081	48°20.857'	142°39.987'	102	12	196	16	337	70	ГР	-0.37	-	8	7
81	21083	49°14.159'	142°05.091'	288	11	21	15	162	71	ГР	0.13	-	10	8
82	21084	49°14.211'	142°05.106'	251	17	136	54	351	30	Гор. сдвиг	0.14	-	10	5
83	21086	49°38.715'	142°09.828'	78	0	168	50	348	40	ГР+сдвиг	-0.3	71∠80	10	8
84	21087	49°38.802'	142°09.305'	203	5	112	16	311	74	ГР	-0.45	-	8	7
85	21088	49°29.997'	142°08.493'	318	5	226	26	59	64	ГР	0.01	-	9	6
86	21089	49°26.968'	142°08.192'	205	16	301	18	76	65	ГР	0.29	-	11	9
87	21091	49°16.268'	142°04.580'	188	8	287	46	91	42	ГР+сдвиг	-0.1	-	8	6
88	21092	49°10.866'	142°04.018'	258	12	167	3	62	78	ГР	0.1	224∠15	10	10
89	21093	50°47.927'	142°09.546'	69.4	28.4	335	8	231	60	ГР	0.03	-	8	8
90	21094	50°47.597'	142°08.744'	356	4	264	24	95	66	ГР	0.23	-	8	8
91	21095	50°49.300'	142°05.214'	83.1	29.8	345.8	12.5	235.7	57.2	ГР	0.38	-	13	10
92	21096	50°49.370'	142°05.416'	348	28	127	56	247	19	Гор. сдвиг	-0.09	-	9	5
93	21097	50°50.872'	142°06.647'	306	6	48	63	214	26	Гор. сдвиг	0.18	-	15	10
94	21098	50°53.579'	142°07.202'	77	18	169	4	270	72	ГР	-0.39	265∠80	12	6
95	21099	51°06.044'	142°15.267'	294	0	24	41	204	49	ГР+сдвиг	-0.24	-	9	9

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_c	Элементы залегания	Количество замеров	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠				N общее	N для расчетов
96	21100	51°14.853'	143°15.854'	306	6	216	4	94	83	ГР	-0.05	250∠45	10	7
97	21101	51°15.078'	143°15.927'	252	6	157	42	348	48	ГР+сдвиг	0.28	-	10	8
98	21102	51°15.576'	143°11.999'	180	60	312	21	50	20	ГС	-0.41	-	8	5
99	21103	51°13.150'	143°09.459'	282	0	192	31	12	59	ГР	0.07	-	12	11
101	21106	50°28.733'	142°39.080'	62	63	193	18	290	19	ГС	0.05	-	10	7
102	21107	50°28.692'	142°39.084'	229	27	48	63	138	0	Гор. сдвиг	-0.13	-	8	8
103	21114	50°02.152'	143°35.603'	185	11	90	24	298	63	ГР	-0.07	-	11	10
104	21115	50°02.067'	143°32.357'	120	6	214	32	21	57	ГР	-0.24	239∠40	13	12
105	21116	50°01.909'	143°30.383'	216	6	306	5	75	82	ГР	0.12	-	9	9
106	21117	50°01.245'	143°28.148'	199	15	293	14	65	69	ГР	0.3	229∠60	10	10
107	21118	50°01.336'	143°27.169'	289	71	158	13	65	14	ГС	-0.48	-	10	9
108	21119	50°00.951'	143°25.257'	47	11	138	4	246	78	ГР	-0.06	-	10	10
109	21120	49°57.087'	143°21.995'	161	15	264	40	55	46	ГР+сдвиг	0.28	-	11	7
110	21121	49°57.153'	143°23.389'	206	16	299	13	66	69	ГР	0.05	-	11	8
111	21122	49°57.249'	143°22.181'	282	12	192	2	90	78	ГР	-0.08	-	9	8
112	21123	50°01.715'	143°21.344'	162	25	71	4	333	65	ГР	0.04	-	9	7
113	21124	50°01.715'	143°21.344'	270	12	7	29	160	58	ГР	0.33	-	8	8
114	21125	48°57.868'	142°58.690'	36	6	300	44	132	46	ГР+сдвиг	-0.13	220∠20	11	9
115	21126	48°58.014'	142°58.714'	110	23	19	2	284	67	ГР	0.27	-	9	7
116	22129	47°52.498'	142°29.129'	66	6	334	16	175	73	ГР	0.32	-	14	11
117	22130	47°07.371'	142°03.787'	276	18	173	36	28	49	ГР+сдвиг	-0.16	-	7	5
118	22131	47°10.191'	142°05.535'	9	9	260	65	102	24	Гор. сдвиг	-0.05	15∠30	7	7
119	22137	46°25.564'	141°52.433'	48	0	138	45	318	46	ГР+сдвиг	-0.27	90∠15	14	10
120	22138	46°26.270'	141°52.603'	336	0	246	72	66	18	Гор. сдвиг	0.1	98∠15	13	13

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1	σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_σ	Элементы залегания	Количество замеров		
		с.ш.	в.д.		Аз Пд	∠	Аз Пд	∠				Аз Пд	∠	N общее
121	22139	46°26.161'	141°56.009'	174	23	268	8	14	65	ГР	0.2	240∠85	11	11
122	22140	47°02.456'	142°33.479'	60	6	329	5	199	82	ГР	-0.01	-	15	11
123	22140-2	47°01.825'	142°27.015'	200	31	98	19	341	53	ГР	0.21	-	14	7
124	22141	47°01.872'	142°30.020'	4	4	270	42	99	48	ГР+сдвиг	0.19	300∠10	13	9
125	22142	47°02.019'	142°30.645'	338	10	237	48	77	40	ГР+сдвиг	-0.08	75∠20	6	5
127	22145	49°09.477'	142°09.486'	270	72	121	16	29	9	ГС	-0.12	-	12	10
128	22146	49°40.071'	142°17.286'	338	21	79	26	215	56	ГР	-0.34	-	14	12
129	22147	49°42.623'	142°09.451'	195	11	46	78	286	6	Гор. сдвиг	-0.13	-	15	14
130	22148	49°31.386'	142°09.158'	283	18	15	8	127	71	ГР	-0.52	-	13	11
131	22149	49°31.026'	142°08.947'	283	18	191	4	90	72	ГР	0.14	-	9	6
132	22150	49°20.126'	142°04.568'	11	5	260	77	102	12	Гор. сдвиг	-0.36	-	8	6
133	22157	47°00.187'	142°15.088'	31	30	296	8	192	58	ГР	0.01	215∠10	11	11
134	22158	46°57.909'	142°12.941'	120	6	210	2	320	84	ГР	0.16	110∠50	7	7
135	22170	49°42.631'	142°39.657'	60	6	156	47	324	42	ГР+сдвиг	-0.49	340∠25	12	7
136	22171	49°41.584'	142°35.139'	157	5	249	27	56	63	ГР	0.35	290∠60	8	8
137	22172	49°49.256'	142°24.513'	284	29	150	51	28	23	Гор. сдвиг	-0.17	250∠70	12	12
138	22173	50°01.859'	142°11.819'	360	6	91	12	244	77	ГР	0.1	70∠75	13	12
139	22174	50°01.209'	142°08.554'	11	5	109	60	279	30	Гор. сдвиг	-0.11	-	10	9
140	22175	50°02.437'	142°10.063'	47	11	309	34	152	53	ГР	0.1	-	10	10
141	22176	50°02.822'	142°10.643'	285	65	102	25	192	1	ГС	0.01	-	12	12
142	22177	50°03.076'	142°10.297'	186	17	92	13	327	69	ГР	0	-	11	10
143	22178	49°51.517'	142°22.917'	187	42	285	9	25	47	Верт. сдвиг	0.11	-	8	8
144	22179	50°15.851'	142°29.559'	355	11	87	7	207	77	ГР	-0.02	80∠85	12	11
145	22182	50°23.681'	142°21.155'	310	51	70	22	174	30	ГС	0.02	255∠75	8	8

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_c	Элементы залегания	Количество замеров	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠				N общее	N для расчетов
146	22183	49°56.017'	143°12.834'	360	6	262	53	94	36	ГР+сдвиг	0.01	–	11	11
147	22184	49°56.036'	143°12.817'	68	34	309	36	187	36	ГР+сдвиг	-0.03	–	9	8
148	22205	50°28.754'	142°38.860'	111	28	215	25	340	50	ГР	0.06	–	10	7
149	20277	54°05.702'	142°30.041'	42	37	209	52	307	7	ГС+сдвиг	0.1	–	11	10
150	20769	54°04.954'	142°31.011'	185	11	80	52	283	36	ГР+сдвиг	0.18	248∠62	16	10
151	20272m	54°04.894'	142°31.093'	255	35	72	55	164	2	Гор. сдвиг	0.22	248∠60	6	4
153	20767m	54°04.879'	142°31.106'	231	22	355	54	129	26	Гор. сдвиг	-0.56	258∠50	11	10
154	20767k	54°04.879'	142°31.106'	270	42	56	43	163	18	ГР+сдвиг	-0.08	258∠50	12	10
155	20766m	54°04.856'	142°31.123'	277	30	122	58	13	11	Гор. сдвиг	-0.22	248∠55	12	11
156	20766k	54°04.856'	142°31.123'	54	6	321	27	155	63	ГР	-0.03	248∠55	8	8
157	20279	54°04.787'	142°31.196'	171	53	44	24	302	26	ГС	0.41	300∠0	13	6
158	20281	54°04.728'	142°31.236'	210	6	306	50	115	40	ГР+сдвиг	0.14	240∠44	7	4
159	20280	54°04.718'	142°31.250'	231	22	24	66	137	10	Гор. сдвиг	0.35	230∠56	7	5
160	20771	54°04.699'	142°31.240'	212	17	357	69	119	11	Гор. сдвиг	0.21	235∠44	14	11
161	20278	54°04.695'	142°31.241'	202	21	39	68	294	6	Гор. сдвиг	0.29	228∠51	4	3
162	20812	54°04.672'	142°31.273'	288	6	21	30	189	59	ГР	-0.39	228∠40	8	7
163	20282	54°04.666'	142°31.280'	62	29	201	54	321	20	Гор. сдвиг	0.12	–	9	6
164	20773	54°04.625'	142°31.301'	31	30	200	59	298	5	Гор. сдвиг	0.15	243∠46	10	10
165	20774	54°04.505'	142°31.397'	68	34	246	56	338	1	Гор. сдвиг	-0.24	248∠50	6	6
166	20775	54°04.364'	142°31.505'	186	17	6	73	276	0	Гор. сдвиг	-0.12	238∠60	16	10
167	20287	54°04.061'	142°31.775'	26	77	230	12	138	5	ГС	-0.5	–	7	5
168	20292	54°02.955'	142°33.447'	174	17	268	13	33	69	ГР	0.46	245∠35	5	3
169	20291	54°02.931'	142°33.476'	315	82	210	2	120	8	ГС	0.22	–	11	9
170	20782	54°02.927'	142°33.474'	270	90	234	0	324	0	ГС	0.06	240∠21	24	20

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_e	Элементы залегания	Количество замеров	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠				N общее	N для расчетов
171	20293k	54°02.800'	142°33.700'	44	66	249	32	152	0	ГС	-0.13	-	11	9
172	20293g	54°02.801'	142°33.690'	90	78	348	3	258	0	ГС	-0.19	239∠21	10	10
173	20294	54°02.359'	142°34.245'	109	71	228	10	321	0	ГС	0.18	230∠23	17	11
174	20295	54°02.224'	142°34.286'	233	11	27	78	142	0	Гор. сдвиг	-0.05	233∠33	7	6
175	20784	54°02.009'	142°34.399'	307	11	216	2	115	0	ГР	-0.21	238∠35	12	10
176	20297	54°01.988'	142°34.417'	262	42	49	43	156	0	ГС+сдвиг	-0.12	216∠26	12	7
177	20785	54°01.935'	142°34.455'	338	57	209	22	109	0	ГС	0.14	233∠38	12	11
179	20791	54°00.211'	142°36.772'	270	48	74	41	171	0	ГС+сдвиг	0.17	198∠30	5	4
180	20816m	54°01.818'	142°58.375'	300	6	34	32	201	57	ГР	-0.46	-	9	9
181	20816b	54°01.818'	142°58.375'	141	16	273	67	46	17	Гор. сдвиг	0.2	-	18	11
182	20819 и 20820	54°01.450'	142°57.457'	264	12	66	78	173	4	Гор. сдвиг	-0.15	68∠48	11	8
183	20821	54°01.328'	142°57.270'	108	6	15	27	209	63	ГР	-0.03	13∠40	11	8
184	20822	54°01.217'	142°57.155'	206	77	310	3	41	13	ГС	0.12	228∠60	12	8
185	20823 и 20824	54°01.170'	142°57.023'	209	22	103	35	325	47	ГР	-0.25	128∠45	7	5
186	20326	54°01.058'	142°56.815'	189	9	92	36	290	52	ГР+сдвиг	0.25	-	14	10
187	20327	54°01.015'	142°56.746'	218	42	18	47	119	10	ГС+сдвиг	0.25	313∠25	9	5
188	20328	54°00.955'	142°56.551'	138	37	3	43	248	25	ГС+сдвиг	0.11	218∠37	13	6
189	20330	54°00.541'	142°56.117'	233	11	54	79	323	0	Гор. сдвиг	-0.1	58∠61	12	10
190	20331	54°00.514'	142°56.136'	246	6	153	3	346	60	ГР	-0.18	28∠75	16	15
191	20826	54°00.505'	142°56.089'	240	35	46	54	146	7	Гор. сдвиг	0.05	203∠55	24	13
192	20827	54°00.485'	142°56.048'	0	0	270	90	90	0	Гор. сдвиг	0.18	63∠35	10	5
193	20830	54°00.427'	142°55.879'	270	72	53	15	145	11	ГС	0.45	38∠35	9	4
194	20831	54°00.364'	142°55.745'	233	11	140	14	0	72	ГР	-0.07	118∠24	13	11

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3		Тип напряженного состояния	μ_0	Элементы залегания	Количество замеров	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠				N общее	N для расчетов
195	20832	54°00.140'	142°55.535'	262	42	49	43	156	17	ГС+сдвиг	0.11	178∠25	14	12
196	20835	53°59.897'	142°55.006'	279	48	76	40	176	12	ГС+сдвиг	-0.32	243∠52	16	14
197	20337	53°59.891'	142°55.004'	41	11	297	51	139	37	ГР+сдвиг	0.08	59∠57	9	8
198	20341	53°59.542'	142°54.595'	64	23	164	22	292	57	ГР	-0.27	–	10	9
199	20342	53°59.475'	142°54.515'	249	28	137	36	8	41	ГР+сдвиг	-0.12	100∠26	10	6
200	20838	53°59.424'	142°54.467'	60	0	330	50	150	40	ГР+сдвиг	-0.04	48∠75	8	5
201	20842	53°59.281'	142°54.385'	246	6	343	49	151	40	ГР+сдвиг	0.1	38∠70	6	6
202	20843	53°59.250'	142°54.362'	38	42	131	3	225	48	Верг. сдвиг	-0.42	62∠60	11	7
204	20345	53°59.095'	142°54.268'	108	6	215	71	16	19	Гор. сдвиг	0.12	70∠75	10	7
205	20846	53°58.354'	142°53.879'	257	18	134	60	355	23	Гор. сдвиг	0.14	208∠55	12	8
206	20847	53°58.141'	142°53.810'	206	49	73	31	327	24	ГС	-0.27	–	7	5
207	20809к	53°58.104'	142°53.797'	51	22	171	51	307	30	Гор. сдвиг	0.43	33∠45	11	7
208	20809г	53°58.104'	142°53.797'	270	24	104	65	358	8	Гор. сдвиг	-0.13	53∠33	7	6
209	20809б	53°58.104'	142°53.797'	47	11	202	78	316	5	Гор. сдвиг	0.45	28∠42	5	4
210	20807	53°57.629'	142°53.617'	157	5	66	6	290	82	ГР	0.06	–	14	11
211	20806	53°57.606'	142°53.601'	123	24	18	31	244	49	ГР	0.29	249∠76	12	7
212	20805	53°57.575'	142°53.596'	52	17	166	53	312	32	Гор. сдвиг	-0.31	258∠50	11	7

Примечания. В таблице приведены номер и координаты точек наблюдений; ориентировки осей главных напряжений (σ_1 – минимальных (растяжение), σ_2 – промежуточных и σ_3 – максимальных сжимающих напряжений), реконструированные при помощи катакlastического метода [5] по структурно-кинематическим данным о трещинах и зеркалах скольжения; тип (обстановка) напряженного состояния (ГР – горизонтальное растяжение, ГР+сдвиг – горизонтальное растяжение в сочетании со сдвигом, ГР – горизонтальное сжатие, ГС+сдвиг – горизонтальное сжатие в сочетании со сдвигом, Верг. сдвиг – сдвиг в вертикальной плоскости); коэффициент Лодэ–Надай μ_0 ; элементы залегания слоистости; общее количество замеров в точке и использованных для расчета в программе STRESSgeol. Прочерк – данные отсутствуют.

Notes. The table shows the number and coordinates of the observation points; the orientation of the principal stress axes (σ_1 , minimum (extension); σ_2 , intermediate; σ_3 , maximum compressive stresses) reconstructed using the cataclastic method [5] according to structural and kinematic data on the slickensides and joints; type of the stress state (ГР, horizontal extension; ГР+сдвиг, horizontal extension with shear; Гор. сдвиг, horizontal compression; ГС+сдвиг, horizontal compression with shear; Верг. сдвиг, vertical shear); the Lode–Nadai coefficient μ_0 ; the total number of measurements at the point and used for calculation in the STRESSgeol program. Dash denotes that no data available

Таблица 2. Сведения об ориентировке осей главных напряжений для точек наблюдения 213–264 (по данным [2–4, 7, 8])
Table 2. Information on orientation of principal stress axes for observation points No. 213–264 (according to [2–4, 7, 8])

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ ₁		σ ₂		σ ₃	
		с.ш.	в.д.	Аз	Пд	Аз	Пд	Аз	Пд
213	1	47°01.450'	142°48.217'	6	20	106	25	243	56
214	2а	46°39.483'	141°50.950'	202	20	356	67	110	9
215	2б	Город Невельск, сев. окраина и Южный осушенный бенч		356	67	202	20	108	10
216	3	46°44.667'	142°07.017'	162	30	21	55	264	18
217	4	46°51.133'	142°59.500'	34	10	130	32	288	54
218	5	Река Лютога, у моста выше деревни Огоньки		18	10	271	68	112	20
219	6а	46°46.800'	142°28.433'	176	36	65	28	306	40
220	6б	Петропавловский карьер, древнее поле		65	30	176	32	302	43
221	7	Петропавловский карьер, въезд		330	50	196	30	90	20
222	8	46°37.033'	142°58.133'	132	23	343	65	227	10
223	9	Гора Юнона		208	10	345	75	118	10
224	10	Город Корсаков, скальная стенка		314	30	176	52	58	30
225	11	48°00.167'	142°31.250'	210	5	116	50	304	40
226	12а	47°06.220'	142°36.910'	320	40	228	2	134	50
227	12б	Левый берег р. Сусуя на юг от пос. Санаторный		159	35	35	38	274	30
228	13	46°40.973'	143°27.212'	82	10	218	74	348	10
229	14а	46°38.278'	143°30.705'	347	30	182	56	80	5
230	14б	Мыс Птичий у Охотского моря		322	20	64	26	195	55
231	14в	Мыс Птичий у Охотского моря		20	20	150	60	280	20
232	15	46°39.353'	143°28.685'	152	10	246	18	34	68
233	16	46°46.743'	142°28.975'	188	5	293	64	97	24
234	17а	Левый берег р. Цунай под мостом на трассе Южно-Сахалинск–Холмск		16	15	116	26	254	56
235	18	47°22.585'	141°59.883'	152	30	20	50	255	26

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠
236	19	Берег Татарского пролива, с. Симаково, врез дороги		318	10	54	21	204	61
237	20	47°03.502' 142°07.025'		52	15	322	0	237	70
238	21a	Карьер Южно-Соколовский, молодое поле		256	70	40	18	132	12
239	21б	Карьер Южно-Соколовский, древнее поле		42	18	260	70	130	12
240	22	Карьер Южно-Соколовский, лежащее крыло разлома		268	70	130	12	36	10
241	23	Пос. Ильинский, левый берег р. Жасминка		319	30	104	53	216	18
242	24	Пос. Ильинский, правый берег р. Жасминка		206	25	94	40	320	40
243	25	47°57.230' 142°20.988'		306	3	216	74	38	14
244	26	Северная окраина пос. Взморье		234	60	26	16	122	10
245	27	46°43.600' 142°26.917'		145	10	297	76	53	5
246	28a	46°53.133' 142°20.988'		155	20	359	56	250	10
247	28б	Карьер Известковый, древнее поле		92	42	194	14	300	45
248	29	Карьер Известковый, восточная стенка		144	47	3	35	256	20
249	Дуйское м-е			195	5	100	60	295	60
250	Лопатинское м-е (шахта Долинская)			215	5	315	25	120	30
251	Мгачинское м-е (западное крыло)			215	5	125	60	305	30
252	Мгачинское м-е (восточное крыло)			0	5	270	60	90	35
253	Бошняковское м-е (западное крыло)			240	20	45	70	150	10
254	Бошняковское м-е (восточное крыло)			5	5	275	60	100	25
255	Бошняковское м-е (южная центриклиналь)			270	5	175	70	5	20
256	Бошняковское м-е (северная центриклиналь)			25	10	290	5	150	80
257	Лесогорское м-е (шахта Тельновская)			335	10	65	20	225	70
258	Лесогорское м-е (Верхне-Тельновский уч. 1)			20	5	280	25	110	25
259	Лесогорское м-е (Верхне-Тельновский уч. 2)			225	5	315	15	130	70
260	Углегорское м-е (Сергеевский уч.)			180	30	20	40	280	5

№ п/п	Номер точки	Координаты точек наблюдения		σ_1		σ_2		σ_3	
		с.ш.	в.д.	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠	Аз Пд	∠
261	Углероское м-е (шахта Углероская 6)			150	5	240	40	50	55
262	Углероское м-е (шахта Углероская 4-1)			320	20	220	30	75	50
263	Углероское м-е (шахта Углероская 4-2)			220	50	40	40	130	0
264	Углероское м-е (шахта Ударновская)			240	50	25	30	125	20

Примечание. В таблице приведены номер и координаты точек наблюдения; ориентировки осей главных напряжений (σ_1 – минимальных (растяжение), σ_2 – промежуточных и σ_3 – максимальных сжимающих напряжений), реконструированные при помощи методов [15–18].

Note. The table shows the number and coordinates of the survey point; the orientation of the principal stress axes (σ_1 , minimum (extension); σ_2 , intermediate; and σ_3 , maximum compressive stresses) reconstructed using the methods [15–18].

Об авторах

Каменев Павел Александрович (<https://orcid.org/0000-0002-9934-5855>), кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории геохимии и региональной геологии, Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения РАН, Южно-Сахалинск, Россия, p.kamenev@imgg.ru

Маринин Антон Витальевич (<https://orcid.org/0000-0002-1099-6492>), кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия, marinin@ifz.ru

Сим Лидия Андреевна (<https://orcid.org/0000-0003-0267-2241>), доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия, sim@ifz.ru

Богомолов Леонид Михайлович (<https://orcid.org/0000-0002-9124-9797>), доктор физико-математических наук, директор, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия, bleom@mail.ru

Лукманов Антон Романович, научный сотрудник лаборатории фундаментальных и прикладных проблем тектонофизики, Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия, antonlukmanov@mail.ru

Дегтярев Владислав Анатольевич (<https://orcid.org/0000-0001-8922-3654>), научный сотрудник лаборатории геохимии и региональной геологии, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия, degtyarevvladislav96@yandex.ru

Поступила 16.01.2025

Принята к публикации 23.02.2025

Received 16 January 2025

Accepted 23 February 2025

About the Authors

Kamenev, Pavel A. (<https://orcid.org/0000-0002-9934-5855>), Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, Laboratory of geochemistry and regional geology, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, p.kamenev@imgg.ru

Marinin, Anton V. (<https://orcid.org/0000-0002-1099-6492>), Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Lead Researcher, Laboratory fundamental and applied problems of tectonophysics, Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, marinin@ifz.ru

Sim, Lydia A. (<https://orcid.org/0000-0003-0267-2241>), Doctor of Geology and Mineralogy, Lead Researcher, Laboratory of fundamental and applied problems of tectonophysics, Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, sim@ifz.ru

Bogomolov, Leonid M. (<https://orcid.org/0000-0002-9124-9797>), Doctor of Physics and Mathematics, Director, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, bleom@mail.ru

Lukmanov, Anton R., Researcher, Laboratory fundamental and applied problems of tectonophysics, Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, antonlukmanov@mail.ru

Degtyarev, Vladislav A. (<https://orcid.org/0000-0001-8922-3654>), Researcher, Laboratory of geochemistry and regional geology, Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern Branch of RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, degtyarevvladislav96@yandex.ru