



ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАССИВОВ ГРАНИТОИДОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Принята к публикации 30.05.2025

Опубликована: 16.06.2025

БАРЫКИНА О.С.

Доцент кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, К. г-м. н., г. Москва, Россия
barykinaos@my.msu.ru

ЗЕРКАЛЬ О.В.

Старший научный сотрудник лаборатории инженерной геодинамики и обоснования инженерной защиты территорий геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д. г-м. н., г. Москва, Россия
igzov@mail.ru

САМАРИН Е.Н.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д. г-м. н., г. Москва, Россия
samarinen@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Северо-Восточное Забайкалье – обширный среднегорный регион, расположенный в южной части Сибири севернее и восточнее озера Байкал. Он находится на стыке двух крупных литосферных структур (Байкальской рифтовой системы и Сибирского кратона) и характеризуется высокой тектонической активностью и сейсмичностью (с магнитудами до 8,0), контрастным рельефом. Климат региона резко континентальный – с суровой продолжительной зимой и умеренно теплым летом. Расположение горных хребтов способствует проникновению масс холодного арктического воздуха. В геологическом отношении рассматриваемая территория располагается в пределах Ангаро-Витимского гранитоидного ареала-плутона.

Суровость климата, высота и расчлененность рельефа, пестрота состава горных пород и их трещиноватость, вертикальная и горизонтальная подвижность блоков земной коры в регионе обусловили интенсивное развитие процессов древнего и современного выветривания – как площадного, так и линейного (по разломам и зонам трещиноватости). Интенсивное выветривание как характерная особенность региона приводит к тому, что массивы гранитоидов распадаются сразу на дресву и песок, не давая промежуточных продуктов разрушения – глыб и щебня.

В представленной статье приведены результаты изучения массивов гранитоидов в Северо-Восточном Забайкалье.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

гранитоиды; Северо-Восточное Забайкалье; выветривание; разрывные нарушения.

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Барыкина О.С., Зеркаль О.В., Самарин Е.Н. Инженерно-геологические особенности массивов гранитоидов Северо-Восточного Забайкалья // ГеоИнфо. 2025. Т. 7. № 1. С. 48–53. DOI:10.58339/2949-0677-2025-7-1-48-53.

ENGINEERING-GEOLOGICAL FEATURES OF GRANITOID MASSES IN NORTHEASTERN TRANSBAIKALIA

Accepted for publication 30.05.2025

Published 16.06.2025

BARYKINA O.S.

PhD, associate professor, Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
barykinaos@my.msu.ru

ZERKAL' O.V.

DSc, senior researcher, Laboratory of Engineering Geodynamics and Justification of Engineering Protection of Territories, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
igzov@mail.ru

SAMARIN E.N.

DSc, professor, Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
samarinen@mail.ru

ABSTRACT

North-Eastern Transbaikalia is a vast mid-mountain region situated in the southern part of Siberia to the north and east of Lake Baikal. This region is located at the junction of two large lithospheric structures (the Baikal rift system and the Siberian craton) and is characterized by high tectonic activity and seismicity (with magnitudes up to 8.0) and by contrasting relief. The climate of the region is sharply continental with severe long winters and moderately warm summers. The location of mountain ranges contributes to the penetration of cold arctic air masses. Regarding geology, the territory under consideration is located within the Angara-Vitim granitoid areal-pluton.

The severity climate, height and dissected relief, variegated composition and fracturing of soils and rocks, vertical and horizontal mobility of blocks of the Earth crust in the region have caused intensive development of processes of old and modern weathering (the last has been both areal and linear along faults and fracture zones). Intensive weathering as a characteristic feature of the region leads to the fact that the granitoids masses decompose into gravel and sand at once, without giving intermediate products of destruction such as blocks and crushed stone.

This article presents the results of studying granitoids masses in the North-Eastern Transbaikalia.

KEYWORDS:

granitoids; North-Eastern Transbaikalia; weathering; faults.

FOR CITATION:

Barykina O.S., Zerkal' O.V., Samarin E.N. Inzhenerno-geologicheskie osobennosti massivov granitoidov Severo-Vostochnogo Zabaikal'ya [Engineering-geological features of granitoid masses in Northeastern Transbaikalia] // GeolInfo. 2025. T. 7. № 1. S. 48–53. DOI:10.58339/2949-0677-2025-7-1-48-53 (in Rus.).

ВВЕДЕНИЕ ►

Территория Северо-Восточного Забайкалья приурочена к Байкальской рифтовой зоне и представляет собой регион с контрастным среднегорным рельефом. Орографически регион характеризуется чередованием альпинотипных горных хребтов и межгорных впадин (рис. 1), соединяющихся узкими сквозными долинами. Для Северо-Восточного Забайкалья характерна высокая тектоническая активность с широким развитием разломов и высокая сейсмичность (9 баллов) [1]. Климат региона резко континентальный – с суровой продолжительной зимой и умеренно теплым летом [2]. Расположение горных хребтов способствует проникновению масс холодного арктического воздуха. Все эти факторы формируют благоприятные условия для разви-



Рис. 1. Чередование альпинотипных горных хребтов и межгорных впадин

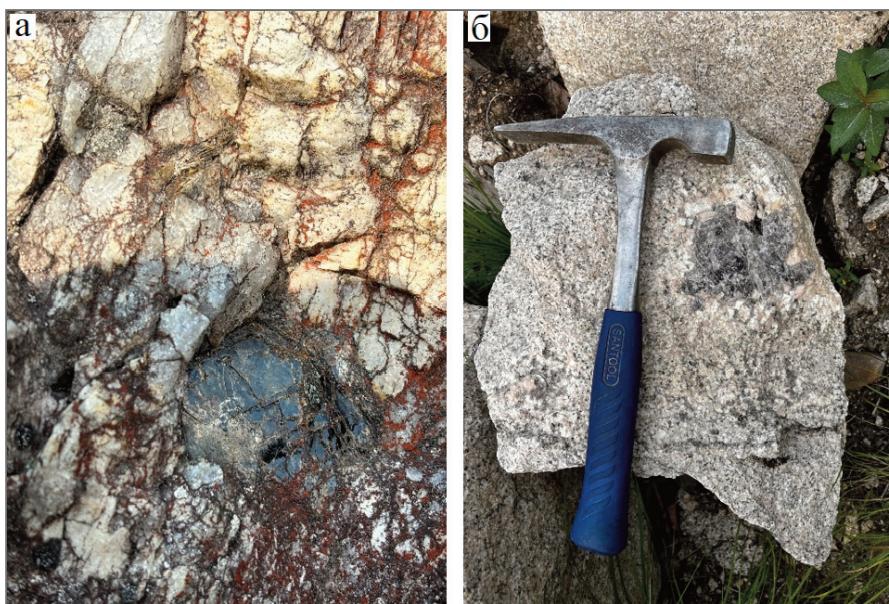


Рис. 2. Граниты: а – светло-серые биотитовые; б – серые крупнокристаллические порфировидные

тия процесса выветривания – как площадного, так и линейного (по разломам и зонам трещиноватости).

В геологическом отношении рассматриваемая территория располагается в пределах Ангаро-Витимского гранитоидного ареал-плутона [3–5], сложенного породами каменноугольного возраста – биотитовыми гранитами светло-серыми, розовыми, от мелко- до крупнокристаллических, часто порфировидных (рис. 2).

В порфировидных разностях вкрапленники представлены микроклином, редко – плагиоклазом или кварцем. Размер вкрапленников – от 1 до 10 см. Иногда граниты характеризуются отчетливой гнейсовидной полосчатой текстурой, что определяет анизотропию их физико-механических свойств.

Гнейсовидная текстура с линейным расположением минералов, прежде все-

го слюды, снижает устойчивость пород в массиве, особенно в зоне выветривания. Это создает условия для развития пологопадающих пластовых трещин, что приводит к формированию в породе плитчатой отдельности [6]. Вне зон трещиноватости и выветривания массивы гранитоидов характеризуются высокой прочностью.

По минеральному составу граниты очень разнообразны (рис. 3). Как правило, максимальное содержание кварца составляет 26–35%, плагиоклаза – 25–34%, микроклина – 18–23%, биотита – 4–26%.

Высокая сейсмичность и сложная история геологического развития повлияли на формирование сети разломов. Рассматриваемый район представляет собой сильно деформированный блок земной коры с разнообразными по кинематическому типу тектоническими нарушениями [3].

Формирование разломно-блоковой структуры этого участка происходит под воздействием сдвиговых и растягивающих региональных напряжений. Наиболее активные тектонические движения приурочены к зоне сочленения Перевальского и Ангараканского разломов [7, 8]. Основной дизъюнктивной структурой района является Перевальный разлом, который представляет собой левый взбросо-сдвиг с падением смесятеля в юго-западном направлении с углом падения 80° (рис. 4). К этому разлому приурочена система трещин наибольшей интенсивности, которая имеет элементы залегания, соответствующие элементам залегания смесятеля Перевального разлома (рис. 4). Вторая наиболее значимая система крутопадающих на северо-запад трещин с углом падения 72°, по-видимому, соответствует элементам залегания смесятеля Ангараканского разлома.

Помимо двух отмеченных основных систем трещин было выделено еще несколько менее проявленных, тяготеющих, по-видимому, к оперяющим разломам более низкого порядка.

Часто зоны тектонических нарушений представлены не отдельными трещинами, а достаточно широкими зонами дробления мощностью до нескольких метров, в пределах которых массивы гранитов разрушены до дресвы и разнозернистого песка. Для данной территории характерно три типа тектонических зон, сложенных [6]:

1) сильно выветрелыми до состояния песка, дресвы, щебня и реже до глины, водопроницаемыми;

2) умеренно выветрелыми и катаклизованными до дресвяно-щебнисто-глыбового состояния, полупроницаемыми;

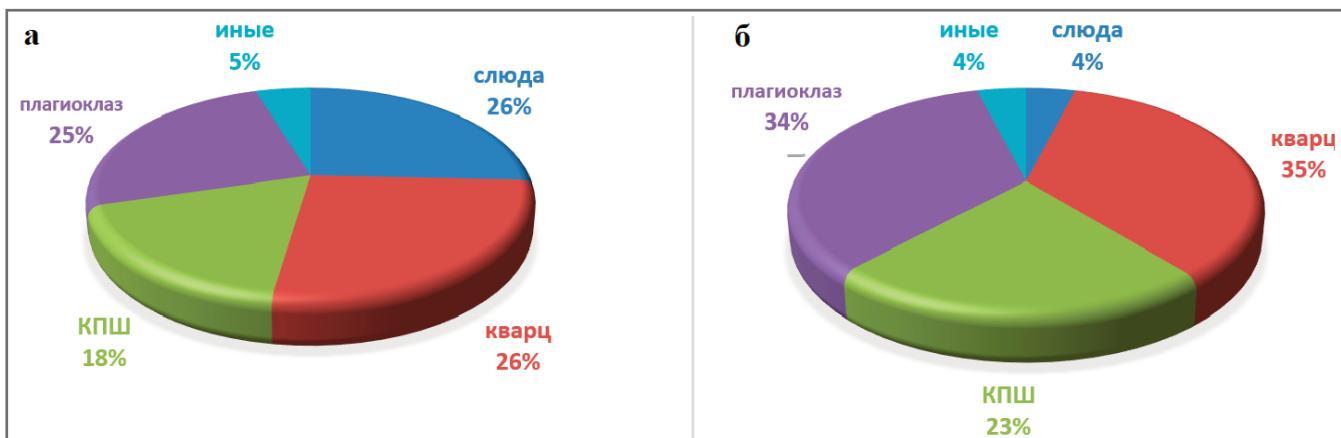


Рис. 3. Минеральный состав двух разностей (а, б) гранитов (по результатам рентгенодифракционного количественного анализа, выполненного В.Л. Косоруковым) (КПШ – калиевый полевой шпат)

3) слабо выветрелыми и сильнотрещиноватыми с наличием полостей, полупроницаемыми.

Суровость климата, высота и расчлененность рельефа, пестрота состава горных пород и их трещиноватость, вертикальная и горизонтальная подвижность блоков земной коры обусловили интенсивное развитие процессов древнего и современного выветривания на рассматриваемой территории. Интенсивное выветривание как характерная особенность региона приводит к тому, что массивы гранитоидов распадаются сразу на дресву и песок, не давая промежуточных продуктов разрушения – глыб и щебня. Необходимо отметить, что изменение розово-серых гранитов за счет высокого содержания кварца идет больше по линии дезинтеграции, чем по линии изменения химического состава.

В зоне выветривания трещины обычно расширены и нередко достигают ширины 0,3–0,5 м и даже 1 м и глубины до нескольких метров. Часто трещины открыты. Скорости выветривания в большей степени зависят от структуры и минерального состава пород. Наиболее крепкими являются мелкокристаллические и светлоокрашенные разности гранитов, наиболее слабыми – крупнокристаллические, порфировидные. Генетические особенности массивов гранитоидов определяют их физико-механические свойства и поведение в зонах разломов.

Выветривание гранитов происходит сравнительно быстро. При их разрушении образуются россыпи крупных обломков более или менее сглаженной формы. Мощность элювия на относи-

тельно горизонтальных поверхностях обычно составляет 1,5–2 м, но местами достигает 4–5 м и более.

В ряде случаев зоны тектонических нарушений представлены не отдельными трещинами, а достаточно широкими зонами дробления (до нескольких метров), в пределах которых массивы гранитов являются разрушенными до дресвы и разнозернистого песка (рис. 5).

Интенсивное выветривание привело к формированию разнообразной по составу и строению линейной коры выветривания. При исследовании было выделено пять ее типов [6]:

1) граниты со слабой тектонической трещиноватостью (см. рис. 5, а), но с плотной сетью трещин отдельностей криогенного происхождения, на вид монолитные, устойчивые в массиве, в сухом состоянии легко разрушающиеся под динамической нагрузкой, превращаясь в дресву, щебень и песок;

2) граниты трещиноватые, слабо разрушенные до состояния щебня, в меньшей степени – дресвы, песка и глины;

3) граниты, разрушенные до состояния дресвы (см. рис. 5, б), умеренно дезинтегрированные (местами до состояния песка и глины), каолинизированные, слабо ожелезненные;

4) граниты сильно выветрелые (см. рис. 5, в), осложненные милонитами и катаклизитами, с гнездами каолина, ожелезнения, с пестрой текстурой;

5) граниты, полностью разрушенные до состояния каолиновой глины с зернами кварца, со слоистой текстурой, с коричневато-красным фоном со светло-розовыми включениями.

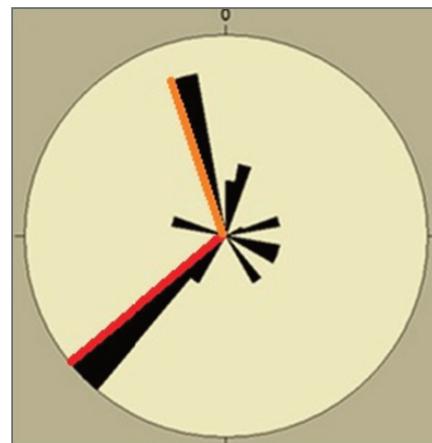


Рис. 4. Диаграмма трещиноватости по азимутам падения основных систем трещин и соответствующих им разломов Перевальский (красный цвет) и Ангараканский (оранжевый цвет)

Вместе с тем необходимо отметить, что выделенные зоны характеризуют не только зону выветривания, для которой не типичны милониты и катаклизиты, сколько зону тектонического меланжа, для которой наиболее характерны высокотемпературные новообразования.

Для приближенной количественной характеристики изменения прочности пород в выветрелых зонах разрывных нарушений (рис. 6, а) был использован метод неразрушающего контроля, то есть испытания с помощью склерометра (молотка Шмидта), который позволяет на основании полученных показаний отскока по цифровой шкале склерометра и графиков корреляции определить прочность пород в массиве. Опробование проводилось перпендикулярно простианию зон раз-

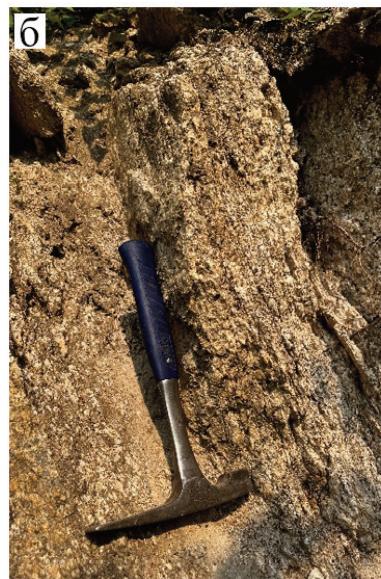


Рис. 5. Типы линейной коры выветривания: а – граниты со слабой тектонической трещиноватостью; б – граниты, разрушенные до состояния дресвы; в – сильно выветрелые граниты, осложненные милонитами и катаклизитами

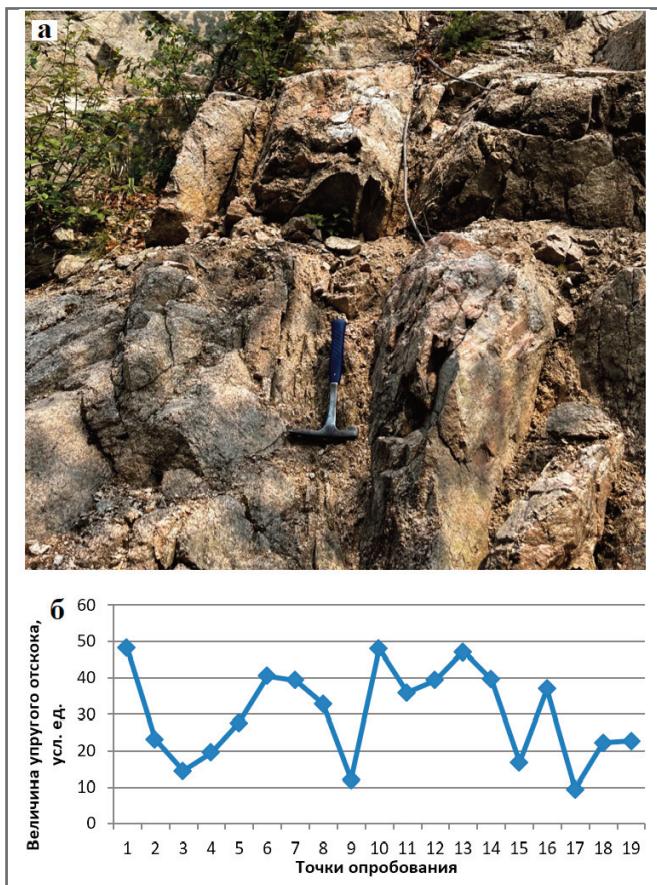


Рис. 6. Приближенная количественная характеристика выветрелых разрывных зон: а – фото участка опробования; б – величина упругого отскока в точках опробования

рывных нарушений. В линейных зонах выветривания было выявлено значительное падение значений упругого отскока, что указывает на снижение показателей прочности (рис. 6, б).

Массивы гранитоидов многократно подвергались тектоническим воздействиям, что отразилось на развитии разнообразных систем трещин. Выделяется до десяти систем трещин [10], 70% которых – крутопадающие, около 30% – пологопадающие. Наиболее развиты трещины С-СВ и З-СЗ простириания. Они имеют значительную длину как по простирианию, так и по падению; угол падения их близок к вертикальному (79–80°). Вдоль бортов долин по ним часто идет процесс отседания блоков пород высотой до 15 м. Трещины отрыва имеют ломанную линию разрыва пород и меняют пространственную ориентировку как по падению, так и по простирианию [9]. Стенки их обычно шероховатые. Ширина трещин колеблется от 1 мм до 0,2 м, 40–50% трещин заполнены дресвяным материалом или глинкой трещин. Большое распространение имеют крутопадающие трещины скола, а также пологопадающие трещины надвигового (взбросо-надвигового) типа и трещины межслоевого скольжения, сопровождающие маломощными зонами брекчий. Плоскости трещин скола обычно ровные, протяженные, часто несущие следы притертости и зеркала скольжения (рис. 7, а).

Крутопадающие трещины часто имеют зеленовато-серый заполнитель, плотный, с явными зеркалами скольжения, не царапающийся ножом (с твердостью 6–7). Рентгенодифракционный количественный анализ (выполненный В.Л. Косоруковым) показал следующий минеральный состав: эпидот – 35%, плагиоклаз – 27%, кварц – 20%, калиевый полевой шпат – 10%, гидрослюдя – 6% и др. (рис. 7, б). Вероятнее всего, за

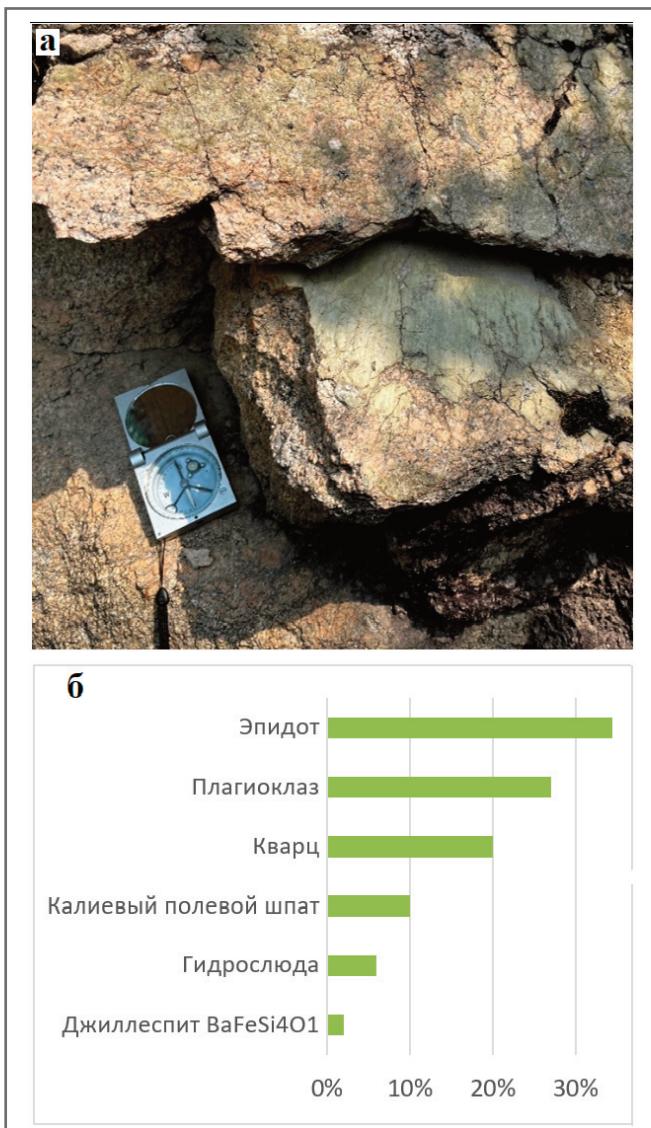


Рис. 7. Плоскость крутопадающих трещин: а – поверхность стенок притертая, с заполнителем и зеркалами скольжения; б – минеральный состав зеленовато-серого заполнителя (выполнено В.Л. Косоруковым)

счет движения флюида по трещинам произошел процесс замещения минералами группы эпидота кальцийсодержащих полдообразующих минералов — в нашем случае плагиоклаза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ►

В геологическом отношении рассматриваемая территория располагается в пределах Ангаро-Витимского ареала-плутона, слагаемого массивами гранитоидов. Этот регион характеризуется высокой сейсмичностью и активными тектоническими движениями, приведшими к формированию крупных разрывных нарушений с приуроченными к ним зонами повышенной трещиноватости. Помимо трещин отдельности наибольшим распространением пользуются крутопадающие трещины северо-восточного и северо-западного простириания, соответствующие направлению основных дизъюнктивов. Именно по таким ослабленным зонам происходит активное выветривание. Помимо линейного выветривания характерной особенностью региона является интенсивное площадное выветривание, при котором массивы гранитов распадаются сразу на дресву и песок, не давая промежуточных продуктов разрушения — глыб и щебня. В розово-серых гранитах за счет более

высокого содержания кварца трансформация пород идет больше по линии дезинтеграции, чем по линии изменения химического состава. Процессы изменений пород в приповерхностной зоне

приводят к ухудшению ряда свойств (разуплотнению, снижению прочности, повышению деформируемости).

Изучение и прогноз развития процессов выветривания необходимы

при проектировании и эксплуатации сооружений, оценке устойчивости склонов, прогнозе развития геологических и инженерно-геологических процессов.

Список литературы ►

- Солоненко В.П. Сейсмогеологические условия зоны строительства БАМ. Иркутск, 1981.
- Природные условия зоны освоения БАМ. М.: Изд-во МГУ, 1981.
- Геология зоны БАМ. Том 1. Геологическое строение. Л.: Недра, 1988.
- Геология зоны БАМ. Том 2. Гидрогеология и инженерная геология. Л.: Недра, 1988.
- Митрофанова Н.Н., Болдырев В.И., Коробейников Н.К., Митрофанов Г.Л. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-49-Киренск. Объяснительная записка. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2012.
- Барыкина О.С., Зеркаль О.В., Самарин Е.Н., Пензев А.П., Новиков П.Н. Массивы гранитоидов Северо-Восточного Забайкалья и процессы, в них протекающие. //Сергейевские чтения. Массивы грунтов как жизнеобеспечивающий ресурс общества. Выпуск 26. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (27-28 марта 2025 г.). Москва: Издательство «ГеоИнфо», 2025. Выпуск 26. С.133-136.
- Геология и сейсмичность зоны БАМ (от Байкала до Тынды). Глубинное строение. Новосибирск: Наука (Сиб. отделение), 1984.
- Лунина О.В. Цифровая карта разломов для плиоцен-четвертичного этапа развития земной коры юга Восточной Сибири и сопредельной территории Северной Монголии // Геодинамика и тектонофизика. 2016. Т. 7. № 3. С. 407–434.
- Инженерная геология СССР (в 8 томах). Том 3. Восточная Сибирь. М.: Изд-во Московского университета, 1977. 657 с.

References ►

- Solonenko V.P. Seismogeologicheskie usloviya zony stroitel'stva BAM [Seismogeological conditions of the BAM construction zone]. Irkutsk, 1981 (in Rus.).
- Prirodnye usloviya zony osvoeniya BAM [Natural conditions of the BAM development zone]. M.: Izd-vo MGU, 1981 (in Rus.).
- Geologiya zony BAM. Tom 1. Geologicheskoe stroenie [Geology of the BAM zone. Volume 1. Geological structure]. L.: Nedra, 1988 (in Rus.).
- Geologiya zony BAM. Tom 2. Gidrogeologiya i inzhenernaya geologiya [Geology of the BAM zone. Volume 2. Hydrogeology and engineering geology]. L.: Nedra, 1988 (in Rus.).
- Mitrofanova N.N., Boldyrev V.I., Korobeinikov N.K., Mitrofanov G.L. i dr. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiiskoi Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Aldano-Zabaikal'skaya. List O-49-Kirensk. Ob"yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Aldan-Transbaikal Series. Sheet O-49-Kirensk. Explanatory note. SPb.: VSEGEI Cartography Factory, 2012 (in Rus.).
- Барыкина О.С., Зеркаль О.В., Самарин Е.Н., Пензев А.П., Новиков П.Н. Массивы гранитоидов Северо-Восточного Забайкалья и процессы, в них протекающие. //Сергейевские чтения. Массивы грунтов как жизнеобеспечивающий ресурс общества. Выпуск 26. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (27-28 марта 2025 г.). Москва: Издательство «ГеоИнфо», 2025. Выпуск 26. С.133-136..
- Geologiya i seismichnost' zony BAM (ot Baikala do Tyndy). Glubinnoe stroenie [Geology and seismicity of the BAM zone (from Baikal to Tynda). Deep structure]. Novosibirsk: Nauka (Sib. otdelenie), 1984 (in Rus.).
- Lunina O.V. Tsifrovaya karta razlomov dlya pliotseN-chetvertichnogo ehtapa razvitiya zemnoi kory yuga Vostochnoi Sibiri i sopredel'noi territorii Severnoi Mongolii [Digital map of faults for the Pliocene-Quaternary stage of the Earth crust development in the south of Eastern Siberia and the adjacent territory of Northern Mongolia] // Geodinamika i tektonofizika. 2016. T. 7. № 3. S. 407–434 (in Rus.).
- Inzhenernaya geologiya SSSR (v 8 tomakh). Tom 3. Vostochnaya Sibir' [Engineering Geology of the USSR (in 8 volumes). Vol. 3. Eastern Siberia]. M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1977. 657 s. (in Rus.).