



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

СЕРГЕЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

Выпуск 26

**Массивы грунтов как жизнеобеспечивающий
ресурс общества**

Материалы годичной сессии
Научного совета РАН по проблемам геоэкологии,
инженерной геологии и гидрогеологии
(27-28 марта 2025 г.)

Москва
Издательство «Геоинфо»
2025

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и
гидрогеологии

Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН

Российская национальная группа МАИГ

Российский университет транспорта (МИИТ)

ТК 418 «Дорожное хозяйство» Росстандарта

при поддержке

Федерального дорожного агентства (Росавтодор)

СЕРГЕЕВСКИЕ 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

ББК 26.3
С 32
УДК 624.131.: 551.3.

Сергеевские 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. - 282 стр.

ISBN 978-5-6051759-6-4

В сборнике опубликованы доклады, представленные на двадцать шестую ежегодную конференцию «Сергеевские чтения» памяти академика Е.М. Сергеева – выездную сессию Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, организованную в г. Пскове при участии Российской национальной группы МАИГ, Российского университета транспорта (МИИТ), ТК-418 «Дорожное хозяйство» Росстандрата и при поддержке Федерального дорожного агентства (Росавтодор), 27-28 марта 2025 г. Чтения были посвящены обсуждению фундаментальных и прикладных вопросов изучения массивов грунтов. В соответствии с обсуждавшимися на конференции темами, сборник состоит из следующих разделов: закономерности взаимодействия массивов грунтов с объектами инженерной деятельности человека; моделирование как инструмент изучения массивов грунтов и развивающихся в них процессов; прогноз динамики поведения массивов грунтов – постановка задач и методы их решения; экологические аспекты изучения массивов грунтов; вопросы взаимодействия сооружений автомобильных дорог с массивами грунтов в криолитозоне; сохранение состояния оснований исторических объектов и закрепление грунтов. Для специалистов, студентов и аспирантов в области инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии.

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

В.И. Осипов (главный редактор), Е.А. Вознесенский (зам. главного редактора), Е.В. Булдакова, (отв.секретарь), Ф.К. Буфеев, О.Н. Еремина, Ф.С. Карпенко, П.С. Микляев, Г.П. Постоев, Д.О. Сергеев.

© Научный совет РАН по проблемам
геоэкологии, инженерной геологии
и гидрогеологии, 2025

© Изд-во «ГеоИнфо», 2025

МАССИВЫ ГРАНИТОИДОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ, И ПРОЦЕССЫ В НИХ ПРОТЕКАЮЩИЕ

О.С. Барыкина, О.В. Зеркаль, Е.Н. Самарин, А.П. Пензев, П.Н. Новиков

МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, 119234, Москва, ул. Ленинские горы, д. 1
E-mail: barykinaos@my.msu.ru

В геологическом строении северо-восточного Забайкалья принимают участие разновозрастные осадочные, вулканогенные и интрузивные образования, среди которых наиболее широко распространены массивы гранитоидов. Здесь установлены геологические образования всех систем – от архея до голоцена включительно. Среди них площадь распространения осадочных пород, за исключением рыхлых отложений четвертичного возраста, незначительна и в целом не превышает 15 – 20% [3]. Рассматриваемая территория находится в северо-восточной части крупного гранитоидного батолита (Баргузино-Витимский массив), формировавшегося в несколько фаз [2]. Ангара-Витимский гранитоидный ареал-плутон представленный гранитоидами конкудеро-мамаканского комплекса ($\gamma C_{2-3}K_1$) имеет изотопный возраст (определен U-Pb методом по циркону) за пределами изучаемой территории (от 301 ± 2 Ма до 298 ± 6 Ма) [4]. Подавляющая часть поля ареал-плутона сложена гранитами биотитовыми, светло-серыми, розовыми, средне- до крупнокристаллических, в меньшей мере порфиоровидными (рис. 1). В порфиоровидных разностях вкрапленники представлены микроклином, редко – плагиоклазом. Размер вкрапленников, занимающих до 15-30 % от объема породы, достигает 1-4 см. Средний состав породы представляется следующим образом: микроклин - 25-37 %, плагиоклаз (олигоклаз) - 30-45 %, кварц - 25 %, биотит - 3-5 %.

Рассматриваемый район характеризуется высокой сейсмической активностью (9 баллов). Сложная история геологического развития района оказала большое влияние на формирование сети разломов, образовавших в кайнозойскую рифтовую структуру. Наиболее активные тектонические движения приурочены к зоне сочленения Перевального (левый взбросо-сдвиг) и Ангараканского (левый сдвиг) разломов. На основе анализа результатов исследования строительства различных сооружений, связанных с подрезкой склонов в пределах Байкальской рифтовой зоны разрывные нарушения по внутреннему строению можно подразделить на несколько типов. В поле раздвиговых напряжений можно выделить следующие тектонические зоны, сложенные [1]:

- 1) сильновыветрелыми до состояния песка, дресвы, щебня и реже глины водопроницаемыми породами;
- 2) умеренно выветрелыми и катаклазированными до дресвяно-щебнисто-глыбового состояния полупроницаемыми породами;
- 3) слабывыветрелыми и сильнотрещиноватыми с наличием полостей, полупроницаемыми породами.

Важнейшим событием в геологической истории Забайкалья было четвертичное оледенение, которое носило горно-долинный характер [3]. Характерной особенностью региона является интенсивное развитие процессов выветривания, при которых массивы гранитоидов распадаются сразу на дресву и песок, не давая промежуточных продуктов разрушения – глыб и щебня. 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, что привело к формированию разнообразной по составу и строению линейной коры выветривания. При исследовании было выделено пять типов:

- 1) граниты со слабой тектонической трещиноватостью, но с плотной сетью трещин отдельностей криогенного происхождения, на вид монолитные, устойчивые в массиве, в сухом состоянии легко разрушаются под динамической нагрузкой на дресву, щебень, песок с пылью;
- 2) граниты трещиноватые, слабо разрушенные до состояния щебня, в меньшей степени дресвы, песка и глины;
- 3) граниты, разрушенные до состояния дресвы, умеренно дезинтегрированные местами до песка и глины, каолинизированные, менее ожелезненные;



Рис. 1. Граниты биотитовые, светло-серые, среднекристаллические

4) граниты сильно выветрелые, осложненные милонитами и катаклазитами, с гнездами каолина, ожелезнения, с пестрой текстурой;

5) граниты, полностью разрушенные до состояния каолиновой глины с зернами кварца, со слоистой текстурой, фон коричневатого-красный со светло-розовыми включениями.

Вместе с тем, необходимо отметить, что выделенные зоны характеризуют не столько зону выветривания, для которой не типичны милониты и катаклазиты, сколько зону тектонического меланжа, для которого новообразования, в т.ч. высокотемпературные, более характерны.

Рассматриваемая территория представляет собой сильно деформированный блок земной коры с разнообразными по кинематическому типу тектоническими нарушениями. Формирование разломно-блоковой структуры этого блока происходило под воздействием сдвиговых и сдвиго-раздвиговых региональных напряжений. В связи с этим, трещиноватость пород в целом очень велика, что существенно снижает прочность пород в массиве. Анализ трещиноватости показывает (рис. 2), что преобладающая часть трещин имеет падение, близкое к вертикальному, и в основном параллельна направлениям главных тектонических разломов – северо-восточного и северо-западного простирания.

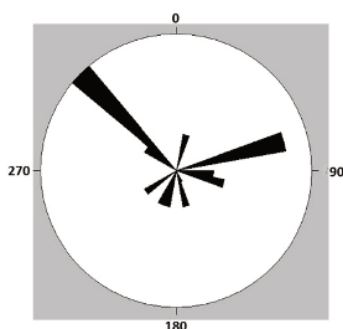


Рис. 2. Диаграмма трещиноватости с наиболее значимыми системами трещин

В районе Северо-Муйского хребта в массивах гранитоидов выделяется до десяти систем трещин, 70% которых крутопадающие и около 30% пологопадающие. Наиболее развиты трещины СВВ и ЗСЗ простирания. Они имеют значительную длину как по простиранию, так и по падению; угол падения их близок к вертикальному ($79-80^\circ$). Вдоль бортов долин по ним часто идет процесс отседания блоков пород высотой до 15 м. Большое распространение имеют крутопадающие трещины скола субмеридионального и субширотного простираний, а также пологопадающие трещины на-



Рис. 3. Поверхность стенок трещин ЗСЗ простираения - притертая, трещина заполнена глиной трения, видны зеркала скольжения

двигового (взбросо-надвигового) типа и трещины межслоевого скольжения, сопровождаемые маломощными зонами брекчий. Плоскости трещин скола обычно ровные, протяженные, несут следы притертости и зеркала скольжения (рис. 3). Трещины отрыва имеют ломанную линию разрыва пород и меняют пространственную ориентировку как по падению, так и по простираению. Стенки их обычно шероховатые. Ширина трещин колеблется от 1 мм до 0,2 м, 40-50% трещин выполнены древесным материалом или глиной трения.

Перевальный разлом представляет собой левый взбросо-сдвиг с падением сместителя в юго-западном направлении. Таким образом, система трещин наибольшей интенсивности имеет элементы залегания, соответствующие элементам залегания сместителя Перевального разлома.

Более пологие трещины с углами падения $67-72^\circ$, по-видимому, соответствует элементам залегания сместителя Ангараканского разлома. 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. 4).

Генетические особенности массивов гранитоидов определяют их физико-механические свойства и поведение в зонах разломов.

Гранитоиды представляют собой розовато-серые мелко- и среднезернистые породы иногда с отчетливой гнейсовидной полосчатой текстурой, обуславливающей анизотропию их физико-механических свойств. Гнейсовидная текстура, обусловленная линейным расположением минералов, прежде всего слюды, снижает устойчивость пород в массиве, особенно в зоне выветривания. Линейные текстуры создают условия для развития пологопадающих пластовых трещин, сообщающих породе плитчатую отдельность. Массивы гранитоидов многократно подвергались тектоническим воздействиям, что отразилось на развитии разнообразных систем трещин. В образцах, вне зон трещиноватости и выветривания, массивы гранитоидов характеризуются высокой механической прочностью.

Трещиноватость массивов гранитоидов в верхней части разреза достигает 4,5% [5]. В зоне выветривания трещины обычно расширены и нередко достигают ширины 0,3 – 0,5 и даже 1 м, глубиной до нескольких метров. Трещины преимущественно открытые. Прочностные свойства в образцах и скорости выветривания в большей степени зависят от структуры и минералогического состава пород, чем от их возраста. Наиболее крепкими являются мелкокристаллические разновидности гранитов, светлоокрашенные, наиболее слабые – крупнокристаллические, порфировидные. Выветривание гранитов происходит сравнительно быстро. При разрушении их образуются россыпи крупных обломков более или менее сглаженной формы. В отдельных случаях гранитоиды разрушаются сразу на дресву и песок. Мощность элювия обычно 1,5 – 2 м, но местами достигает 4 – 5 м и более.

Выводы. В геологическом отношении рассматриваемая территория располагается в пределах Ангара-Витимского ареал-плутона, слагаемого массивами гранитоидов. Регион характеризуется высокой



Рис. 4. Зона дробления, заполненная дезинтегрированными до дресвы гранитами

сейсмичностью и активными тектоническими движениями, приведшими к формированию крупных разрывных нарушений с приуроченными к ним зонами повышенной трещиноватости. Наибольшим распространением, помимо трещин отдельности, пользуются крутопадающие трещины северо-восточного и северо-западного простирания, соответствующие направлению основных дизъюнктивов. По таким ослабленным зонам происходит активное выветривание. Характерной особенностью региона является интенсивное развитие процессов выветривания, при которых массивы гранитогнейсов распадаются сразу на дресву и песок, не давая промежуточных продуктов разрушения – глыб и щебня. В розово-серых гранитах, за счет более высокого содержания кварца изменение пород идет больше по линии дезинтеграции, чем по линии изменения химического состава. Процессы изменения пород в приповерхностной зоне приводят к ряду негативных изменений свойств (разуплотнению, снижению прочности, повышению деформируемости). Изучение и прогноз развития процессов выветривания необходим при проектировании и эксплуатации сооружений, оценке устойчивости склонов, прогнозе развития геологических и инженерно-геологических процессов.

Литература

1. Второй Северомуйский тоннель Восточно-Сибирской железной дороги. Отчетная техническая документация по инженерным изысканиям. Инженерно-геологические изыскания. Геологические и гидрогеологические условия строительства тоннеля (Этап №1). - ООО «Научно-исследовательский, проектно-изыскательский институт «ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС»», 2018
2. Зайцев П.Ф. и др. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Бодайбинская. Лист О-49-XXXVI. Объяснительная записка. – М.: Мингео СССР, 1979
3. Инженерная геология СССР. В 8-ми томах. Том 3. Восточная Сибирь. Издательство Московского университета, М., 1977, 657 с.
4. Митрофанова Н.Н., Болдырев В.И., Коробейников Н.К., Митрофанов Г.Л. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-49-Киренск. Объяснительная записка. - СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2012
5. Солоненко В.П. Очерки по инженерной геологии Восточной Сибири. Иркут. кн. изд-во, Иркутск. 1960. 86 с.