

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №4, Том 13 / 2021, No 4, Vol 13 <https://esj.today/issue-4-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/17SAVN421.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Носков И.В., Ананьев С.А., Носков К.И. Физико-геологические явления, связанные с деятельностью агентов выветривания // Вестник Евразийской науки, 2021 №4, <https://esj.today/PDF/17SAVN421.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Noskov I.V., Ananyev S.A., Noskov K.I. (2021). Physical and geological phenomena related activities of weathering agents. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 4(13). Available at: <https://esj.today/PDF/17SAVN421.pdf> (in Russian)

УДК 624.131.433

ГРНТИ 67.21.17

**Носков Игорь Владиславович**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия  
Заведующий кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: noskov.56@mail.ru

**Ананьев Сергей Анатольевич**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия  
Старший преподаватель «Технология и механизация строительства»  
E-mail: ananda\_hasita@mail.ru

**Носков Кирилл Игоревич**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия  
Магистрант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»  
E-mail: nki88@yandex.ru

**Физико-геологические явления,  
связанные с деятельностью агентов выветривания**

**Аннотация.** В настоящей статье авторами освещаются такие современные геологические процессы как выветривание, которое может оказывать влияние на выбор места расположения и конструктивную схему зданий и сооружений, на способы производства строительных работ и т. д. Возведение зданий и инженерных сооружений в свою очередь могут вызвать возникновение новых природных геологических процессов и изменение существующих. Эти процессы, возникающие в результате деятельности человека, называются инженерно-геологическими процессами. Конечной целью изучения современных геологических и инженерно-геологических процессов является их оценка, необходимая для выбора мероприятий, устраняющих негативное влияние этих процессов на нормальную (нормативную) работу зданий и сооружений. При этом недостаточно только установить количественные показатели, характеризующие данные процессы, необходимо также изучить причины возникновения и развития этих процессов.

Современная инженерная геология содержит достаточно подробную классификацию физико-геологических явлений, согласно которой указываются причины возникновения тех или иных физико-геологических явлений. В этом и заключается ее практическая ценность, так как мероприятия по борьбе с такими явлениями, прежде всего, должны быть направлены на устранение причин их возникновения и развития, а если это невозможно (например,

землетрясения), то на ослабление их воздействия на здания и сооружение. Инженерно-геологические процессы часто имеют те же внешние проявления, что и естественные геологические процессы, хотя причины, их вызывающие, различны. Например, оползни в одних и тех же геологических условиях могут возникнуть и в результате естественного подмыва берегов рек водой, выветривания и в результате искусственной подрезки этого склона при устройстве каких-либо выемок. Имея в виду это обстоятельство, авторами приведены сопоставления природных (естественных) геологических процессов с аналогичными им инженерно-геологическими процессами. В статье все важнейшие природные геологические и инженерно-геологические процессы рассматриваются в соответствии с общепринятыми геологическими классификациями. Кроме этого, авторами описывается общая методика инженерно-геологических исследований для различных видов строительства с учетом явлений выветривания пород.

**Ключевые слова:** грунт; вода; воздух; процесс; склон; эрозия; дефляция; рельеф; оползни; грунты рыхлые и скальные; агенты выветривания; циклический процесс; котловины выдувания

Различные исследователи вкладывают в термин «выветривание» разные понятия. Мы будем понимать под выветриванием процессы изменения горных пород под действием агентов выветривания: воды, кислорода (воздуха), солнечного излучения (в основном колебания температуры), живых организмов и т. д.

Процессы выветривания чаще всего обуславливаются одновременным воздействием на породы нескольких агентов, интенсивность влияния которых меняется в зависимости от геологического строения (включая состав и сложение пород), рельефа и физико-географических особенностей района, определяющих характер и интенсивность указанных процессов. Агенты выветривания воздействуют на горные породы с различной интенсивностью, причем процессы выветривания накладываются один на другой.

Механизм воздействия агентов выветривания на горные породы зависит от многих факторов, среди которых основную роль играют: (а) условия выветривания; (б) свойства самих агентов выветривания; (в) свойства и условия залегания горных пород.

Основными агентами выветривания являются: кислород, углекислота, вода, живые организмы, солнечное излучение. К агентам выветривания относятся также электрические разряды, ветер, азот атмосферы, деятельность человека, последняя также весьма существенно влияет на изменение природы, в том числе и на направление, возникновение и масштабы инженерно- геологических процессов.

Все агенты выветривания по физическим свойствам и способности проникать в земную кору можно объединить в ряд групп, однако это дает лишь общее представление о глубине проникновения агентов выветривания в зависимости от свойств горных пород и состояния агентов выветривания [1].

Интенсивность и длина волн солнечного излучения, получаемого земной поверхностью, зависят, прежде всего, от географической широты местности, высоты ее над уровнем моря, высоты стояния солнца, толщины слоя и состояния атмосферы (от содержания водяных паров, атмосферной пыли, озона и т. д.). В пределах Европейской части России годовая суммарная радиация изменяется в широтном направлении от 60 ккал на севере до 120 ккал на юге.

Доходящие до земной поверхности солнечные лучи неодинаково воздействуют на те, или иные горные породы. Известно, например, что темные породы нагреваются сильнее, чем светлые, влажные поглощают солнечных лучей больше, чем сухие, и т. д. Температурные

перепады являются основой для изменения физических свойств исследуемых грунтов и горных пород. К ним относятся: температурное расширение (сжатие) самой породы; увеличение (уменьшение) объемов жидкости и газов, затворенных в порах породы; осушение и накопление влаги и как следствие замедление (ускорение) реакций химического характера.

Нагрев за счет солнечной энергии приводит к изменению объема минералов и пород, но изменение это происходит только на поверхности.

Удельное расширение (сжатие) в процессе нагрева значительно варьируется в толще горной породы. Происходит это не только по причине неоднородности исследуемой толщи (породы и минералы могут быть разными), но и по причине различного расположения, так называемых кристаллографических осей. Так на разделе слоев соприкосновения различных минералов, силы температурного расширения могут быть различными в разных точках исследуемой толщи.

При отрицательных температурах, влага, оказавшаяся в породе, увеличивается в 1,1 раз, это создает значительное внутреннее давление. Именно это давление качественно изменяет структуру породы. Порода разрушается по границам действия силы расширения воды, происходит ее размельчение, влекущее за собой снижение прочностных характеристик.

Избыточное иссушение горных пород приводит к их растрескиванию, за счет усадки. Наличие же трещин в породе позволяет значительно накапливать воду в период дождей. Кроме того, с высушиванием связано образование трещин, такыров и т. д.

Характер воздействия агентов выветривания зависит также и от свойств горных пород, причем характер изменения тех или иных групп пород меняется в связи с воздействием разных агентов выветривания. Так, в зависимости от преобладания в данном районе агентов, вызывающих физические или химические процессы, различают физическое и химическое выветривание.

Физическое выветривание преобладает в районах с сухим и жарким континентальным климатом или в арктических или субарктических районах с сухим и холодным климатом, где химические факторы оказываются подавленными, и происходит преимущественно механическое разрушение горных пород. Характер разрушения при физическом выветривании зависит от типа пород. Такие прочные мелкозернистые породы, как кварциты, базальты, диабазы и тому подобные, распадаются на обломки неправильной формы, которые часто определяются первоначальной трещиноватостью пород. Крупнозернистые породы сначала распадаются на неправильные глыбы, при дальнейшем разрушении превращаясь в дресву и песок. Примерно так же разрушаются и песчаники. Глинистые породы и мергели образуют неправильные обломки, затем мелкую щебенку часто скорлуповатой формы и, наконец, распадаются на пылеватые частицы. Тонкослоистые породы, например сланцы, расслаиваются на тонкие пластинки и листочки [2].

Основным фактором химического выветривания является вода. При испарении влаги в засушливых бессточных районах происходит засоление верхних зон земной коры, с образованием солонцов, солончаков и т. д., что в свою очередь зависит от количества выпадающих осадков. Так, в сухих и жарких областях накапливается значительное количество простых солей, часто образующих соляные корочки и налеты на поверхности пород, а также свободная кремнекислота.

Вода участвует в подавляющем большинстве процессов выветривания. Атмосферная влага, совершая круговорот в природе, проникает в горные породы, участвует в их изменении, действуя совместно с другими агентами выветривания. Процессы, протекающие в горных породах под воздействием воды, весьма многообразны, сложны и часто малоизучены. Вода, находящаяся в твердом состоянии, оказывает некоторое воздействие на горные породы, иногда

косвенно влияя на процессы выветривания, а иногда являясь непосредственным фактором выветривания. Так, снежный покров в известной мере регулирует глубину и интенсивность промерзания пород, оказывая тем самым влияние на жизнедеятельность живых организмов. Вода, текущая по поверхности земли, помимо размывающего действия, способствует выщелачиванию водорастворимых солей и последующему изменению физико-технических свойств породы, подвергшейся выщелачиванию. Подземная вода является своеобразным регулятором тепла в верхней части земной коры, мощным механическим разрушителем, она также обуславливает противоположно направленные процессы суффозии и кольятации. Вода, заключенная в породах и минералах, способствует изменению их свойств. Проникая в горные породы, вода растворяет их, оказывает расклинивающее действие, понижает концентрацию электролитов в подземных водах и, следовательно, вызывает размягчение коллоидных пленок, обволакивающих частицы горных пород.

Атмосфера, имеющая весьма сложный состав, воздействует на горные породы разнообразно. Из всех газов, входящих в состав атмосферы, наибольшую роль в процессах выветривания играет кислород.

Окислительно-восстановительные процессы, протекающие с участием кислорода, вызывают разнообразные изменения горных пород. Одним из наиболее распространенных в природе процессов является окисление углерода с образованием углекислоты. В большинстве случаев углекислота образуется в результате биологических процессов, в первую очередь дыхания организмов и гниения углеродистых веществ. Углекислота, присутствующая в подземных водах, увеличивает их растворяющую способность, содействуя более интенсивному растворению некоторых минералов и горных пород. Воздействие на горные породы проникающей в земную кору атмосферной воды нередко усложняется и усиливается вследствие наличия в ней растворенных веществ, в частности углекислоты и кислорода. На скорость и характер гидролитического разложения существенно влияет концентрация водородных ионов. Кислотный гидролиз ведет к расщеплению полуторных окислов и к обогащению остаточных продуктов кремнеземом, а при щелочном гидролизе происходит так называемая латеритизация, т. е. отщепление и удаление кремнекислоты и обогащение остающегося продукта полуторными окислами [3].

Сложный процесс взаимодействия между горными породами и газообразными агентами выветривания, иногда протекающий с участием и других агентов выветривания, приводит к образованию новых минеральных соединений, носящих название вторичных минералов, или минералов выветривания.

Таких минеральных образований насчитывается в настоящее время большое количество, но все их можно разделить на следующие три группы:

1. Растворимые в воде: гипс, кальцит и др.
2. Нерастворимые в воде: монтмориллонит, серицит, каолинит, галлуазит, опал, лимонит, боксит и т. п.
3. Различные органические соединения.

В настоящее время доказана большая роль живых организмов в процессах выветривания. Различные растительные и животные организмы оказывают как химическое, так и механическое воздействие на горные породы. Давно известно расклинивающее действие корневой системы растений, ведущее к раздроблению пород. Произрастая в различных условиях, растения проникают на разную глубину даже в очень крепкие породы, чаще всего по трещинам, способствуя раскрытию и расширению последних. Даже такой простейший организм, как листовая лишайник, в месте своего прикрепления отрывает кусочки породы, обволакивает их гифами и перерабатывает, а сам проникает в образовавшуюся ямку и

продолжает свою разрушительную работу. Вместе с тем растительный покров предохраняет породы от чрезмерного высушивания, выдувания, проникновения атмосферных осадков. Разрушают породы и различные землероющие животные. При этом образуемые ими полости нередко заполняются различным глинистым материалом, черноземом и корнями растений [4].

Кроме механического воздействия, растительные и животные организмы оказывают на породы и химическое воздействие. Выделяющиеся в процессе их жизнедеятельности органические вещества либо разлагают горные породы, либо обогащают их различными веществами (например, порода, переработанная червями, обогащается известью). Отмирание живых организмов ведет к накоплению в горных породах органического вещества. Отмершие организмы являются хорошей питательной средой для микроорганизмов, которые, размножаясь в этой среде с колоссальной быстротой, начинают вырабатывать органические вещества и выделять различные газы, в свою очередь видоизменяющие горные породы [5]. Весь этот сложный процесс изменения пород в результате воздействия на них агентов выветривания приводит к образованию различных продуктов выветривания, обладающих специфическими физико-механическими свойствами, которые необходимо учитывать при инженерно-геологических исследованиях. Выветрелые породы обладают следующими основными инженерно-геологическими особенностями, приведенными ниже.

Рыхлые скопления обломочного материала продуктов выветривания образуют так называемые курумы — каменные россыпи, достигающие иногда большой мощности, распространенные на значительных площадях,двигающиеся вниз по склону. Скопления таких продуктов выветривания часто являются источниками для возникновения селей. Осыпи, образованные продуктами выветривания горных пород, часто сползают по склонам, в частности на них возникают явления солифлюкации. Все эти явления нередко служат причиной разрушения железнодорожных линий, мостов, жилых построек, уничтожают посевы и т. п. [6]. Глинистые продукты, возникающие преимущественно при химическом выветривании пород, обладают повышенной (по сравнению с материнской породой) пористостью, размягчаемостью, пониженным сопротивлением сжимающим и сдвигающим усилиям, резко увеличенной гидрофильностью, что обуславливает их большое набухание, усадку и пластичность. Обычно пониженное в них рН часто приводит к образованию кислой среды, разрушающе действующей на металлические и бетонные части сооружений. В продуктах выветривания часто скапливаются растворимые соли (в частности гипс), вымывание которых при возведении, например, плотин представляет угрозу для устойчивости сооружения. В пределах коры выветривания создаются сложные гидрогеологические условия, так как разные продукты выветривания обладают различной водопроницаемостью, в силу чего создается хаотичное чередование водонасыщенных зон, образующих местные водоносные горизонты.

### **Мероприятия по борьбе с выветриванием пород**

Мероприятия, направленные на предотвращение дальнейшего выветривания горных пород, можно разделить на следующие группы:

1. Покрытие горных пород непроницаемыми для агентов выветривания материалами.
2. Пропитывание пород различными веществами.
3. Искусственная нейтрализация агентов выветривания.
4. Планировка территорий и отвод вод.

При выборе материала для покрытия надо исходить как из свойств этого материала, так и из свойств агентов выветривания, которые определяют изменение породы в данных условиях.



Так, например, для предотвращения проникновения в породу жидких и газообразных агентов выветривания могут быть использованы все материалы, применяющиеся в целях гидроизоляции, силикаты, гудрон, цемент и другие искусственные материалы или же глина. Однако все они, кроме глины, совершенно непригодны для предотвращения влияния на породу колебаний температуры. Для этой цели применяют глину или песок, уложенные достаточно мощным слоем, равным мощности зоны годовых колебаний температуры пород в данном районе или превышающим ее на 5–10 см. Наилучшим материалом для защитного покрытия является суглинок, так как он обладает почти универсальными защитными свойствами. Уложенный слоем достаточной мощности, он не пропускает ни жидких, ни газообразных агентов выветривания и может погасить наиболее резкие колебания температуры. Кроме того, суглинок, состоящий чаще всего из продуктов, свойственных более поздним стадиям выветривания, сам мало подвергается разрушению [7]. Хорошими защитными свойствами обладает бетон, уложенный достаточно толстым слоем, но это более дорогой материал, кроме того, он сам может изменяться под влиянием агентов выветривания.

Песок предохраняет породу от влияния колебаний температуры, но не может задержать проникновения жидких и газообразных агентов выветривания. Применять песок в качестве защитного покрытия нецелесообразно в районах, где физическое выветривание преобладает над химическим. Характер материала и мощность защитного покрытия определяются на основании детального изучения процессов выветривания в данном районе, установления преобладающих агентов выветривания, а также примерной глубины их проникновения в породу. Материал и мощность защитного покрытия зависят также от изменения условий выветривания под воздействием возводимого сооружения, а также от срока службы защитного покрытия. Например, если в котлован будет поступать атмосферная вода и она будет находиться в открытом состоянии короткий промежуток времени (порядка десятков дней), то в качестве предохраняющего покрытия можно применять гудрон, бетон или глину, уложенные тонким слоем [8]. Но если котлован должен находиться в открытом состоянии длительное время, например, несколько лет, то к числу агентов выветривания прибавятся сезонные и годовые колебания температуры пород. В этих случаях требуется либо увеличение мощности покрытия (например, глинистого) до такой величины, чтобы оно гасило наиболее резкие колебания температуры, либо применение теплоизоляционного материала. К той же группе мероприятий по борьбе с выветриванием горных пород следует отнести и временное оставление слоя снимаемых пород, т. е. сознательное не доведение дна котлованов и выемок до проектной глубины. Остающийся слой снимается непосредственно перед началом строительных работ.

В качестве пропитывающих веществ употребляется жидкое стекло, гудрон (битум) и др. Применение большинства пропитывающих веществ ограничено теми или иными условиями. Так, например, введение в породу жидкого стекла лимитируется фильтрационными свойствами породы, а горячего гудрона (битума), фильтрационными свойствами породы и необходимостью при низких коэффициентах фильтрации применять довольно высокое давление (12–14 атм), которое может вызвать разрушение породы или деформирование (сдвиг) ее в стороны. Битумы с малой проницаемостью дают хорошие результаты в скальных породах с большими пустотами, битумы с большей проницаемостью рекомендуются для заполнения тонких трещин в скальных породах. Битуминизации поддаются также щебенисто-галечные породы. В песчаных и глинистых породах битуминизация пока не дает удовлетворительных результатов. К этой же группе методов предохранения пород от выветривания следует отнести и цементирование, применяемое в трещиноватых и гравелистых породах, а также в крупнозернистых песках. В глинах и мелкозернистых песках оно не дает эффекта вследствие того, что цементный раствор в них распространяется лишь в небольшом объеме породы [9].

К методам нейтрализации агентов выветривания относится введение в воду, фильтрующуюся в породе, солей с целью уменьшения ее растворяющей способности. Раствор соли можно непосредственно нагнетать в породы. Однако этот способ связан со значительными практическими неудобствами и довольно дорог, так как для постоянной подачи соли в породе требуются специальные стационарные установки.

Одной из мер борьбы с выветриванием горных пород является отвод поверхностных и подземных вод. Проникновение поверхностных вод в горные породы можно предотвратить с помощью различных инженерных мероприятий (планировки и мощения территорий, устройства нагорных канав, ливнеотоков и т. п.). Гравитационные подземные воды могут быть перехвачены путем устройства дренажных галерей, поглощающих колодцев, искусственных завес (замораживания, гудронирования, цементации, силикатизации) и т. п.

### **Изучение выветривания пород для инженерно-геологических целей**

Инженерно-геологическое изучение выветривания пород производится для решения следующих практических задач.

1. Выбора благоприятных (с точки зрения выветрелости пород) участков для размещения зданий и сооружений.
2. Определения на участках, предназначаемых для возведения зданий и сооружений, мощности выветрелых пород, подлежащих срезке или искусственному улучшению.
3. Установления безопасного (с точки зрения изменения пород в процессе выветривания) срока оставления строительных котлованов и выемок открытыми.
4. Определения мощности защитных целиков, оставляемых над проектируемыми отметками дна котлованов для предохранения пород основания от выветривания в период производства строительных работ.
5. Установления толщины и характера покрытий для предохранения пород от выветривания.
6. Определения изменений устойчивости склонов вследствие выветривания обнаженных горных пород [10].
7. Определения категорий пород по степени разрабатываемости, выбора условий и способов производства работы при вскрытии котлованов, выемок и т. д.
8. Выработки профилактических мероприятий и мер борьбы с выветриванием горных пород на участках проектируемых зданий и сооружений.

Для решения перечисленных выше задач производятся:

- а) Изучение геологического строения и гидрогеологических условий территории.
- б) Описание общих признаков выветривания и выделение характерных зон выветривания.
- в) Наблюдения за скоростью процессов выветривания.
- г) Полевые наблюдения и лабораторные исследования для определения глубины срезки или искусственного улучшения выветрелых пород.
- д) Наблюдения и опыты для выбора типа и мощности защитных покрытий.

- е) Полевые и лабораторные опыты для определения физико-механических, деформационных и прочностных свойств пород, необходимых для расчета устойчивости сооружений.

Исследования видов «в» и «д» производятся сравнительно редко: для отдельных крупных котлованов, откосов, выемок и т. п., когда срок оставления пород в открытом состоянии бывает достаточно длительным (например, в откосах каналов и железнодорожных выемок). Необходимость того или иного вида исследований должна определяться в каждом конкретном случае с учетом инженерно-геологических условий района, типа сооружений, срока оставления пород в открытом состоянии.

### **Изучение геологического строения и гидрогеологических условий**

Как отмечалось выше, конечные продукты выветривания зависят не только от сочетания действующих агентов выветривания и их интенсивности, но и от состава пород и условий их залегания. В силу этого при инженерно-геологической оценке процессов выветривания необходимо проводить тщательное изучение геологического строения и гидрогеологических условий принятыми в геологии методами, что выполняется чаще всего в процессе инженерно-геологической съемки.

### **Внешние признаки выветривания пород, описание пород и их документация**

Сложные процессы выветривания всегда вызывают более или менее существенные изменения внешнего облика горной породы. В зависимости от характера и интенсивности действующих агентов выветривания, а также от состава и свойств подвергающейся выветриванию породы, последняя, в одних случаях изменяется едва заметно, в других — до неузнаваемости. Каждый агент выветривания оставляет на внешнем облике горной породы следы своего воздействия, по которым часто можно восстановить процессы, протекавшие в породе. Поэтому описание горных пород при изучении процессов выветривания должно быть особенно детальным и всесторонним.

К наиболее важным внешним признакам выветривания горных пород можно отнести: (1) цвет и оттенок породы; (2) степень и характер ее раздробленности; (3) минералогический состав; (4) механическую прочность.

Процессы выветривания приводят к глубокому изменению состава горных пород и образованию новых минералов. Всякое изменение минералогического состава породы отражается, прежде всего, на ее окраске, которая у выветрелых пород либо совсем изменяется, либо приобретает новые оттенки, не присущие породе в невыветрелом состоянии. Изменение минералогического состава породы в результате выветривания выражается, прежде всего, в изменении состава алюмосиликатной части породы с переходом первичных алюмосиликатов, например полевых шпатов, авгитов, роговых обманок и др., во вторичные: каолинит, монтмориллонит, иллит и пр. Вторичные алюмосиликаты образуются в тонко дисперсном (до коллоидного) виде и придают выветрелой породе характерный глинистый облик.

Переход первичных алюмосиликатов во вторичные сопровождается удалением из породы некоторых элементов, в первую очередь щелочных и щелочноземельных металлов, и образованием новых простейших минералов, растворимых и нерастворимых в воде. Среди вновь образующихся растворимых минералов следует прежде всего отметить гипс и карбонаты кальция и магния среди нерастворимых — водные окислы железа, окрашивающие породу в желтые и бурые тона. Нередко образуется также и ярозит в виде характерных скоплениях светло-желтого цвета. Изменение минералогического состава легко наблюдать при выветривании



изверженных (в особенности крупнозернистых) пород, первичные минералы которых легко выветриваются. Изменения в составе осадочных (особенно глинистых) пород менее заметны. Однако и здесь всегда можно различить по минералогическому составу выветрелую и неветрелую части пород — выветрелая часть часто бывает обогащена гипсом и водными окислами железа. При описании породы в первую очередь отмечается ее общая окраска во влажном и сухом состоянии; описывается изменение цвета и оттенка с глубиной, начиная от дневной поверхности; отмечается приуроченность того или иного цвета и оттенка к отдельным прослоям; указывается наличие пятен, подтеков и точечной окраски. Следует обращать внимание на различия в окраске поверхности и внутренних частей породы. Для этой цели надо разбить несколько кусков породы и описать характер изменения их цвета от поверхности к центру образца. При описании цвета породы не следует забывать также различных включений, маленьких комочков, примазок и т. п. Для описания цвета породы необходимо расколоть и посмотреть не один, а несколько на первый взгляд одинаковых кусков и включений, чтобы описание соответствовало не случайному образцу, а всей породе. Описание цвета надо сопровождать зарисовками в специальном альбоме, раскрашивая их в соответствии с естественными цветами и оттенками [11]. Процессы выветривания, как уже было сказано, часто приводят к нарушению монолитности породы. Порода в результате выветривания покрывается сетью трещин, разделяется на отдельные участки, блоки, обломки и куски различной формы и размера. Крупнозернистые породы распадаются далее на отдельные минеральные зерна, образуя дресву и песок. Степень раздробленности пород, вызванная процессом выветривания, с удалением от дневной поверхности более или менее быстро уменьшается.

Это обстоятельство обычно позволяет выделить несколько зон выветривания. Основными признаками их выделения являются размер и форма обломков и блоков, на которые разбита порода, а также характер рассекающих ее трещин. При описании блоков, обломков и кусков следует отмечать их состав, размеры, форму, расположение.

Процессы выветривания, ведущие к механическому раздроблению пород, проявляются чаще всего во вскрытии и расширении уже существовавших в породе трещин и в образовании новых трещин выветривания. Изучение степени раскрытия трещин в результате выветривания следует начинать с выяснения системы трещиноватости, размеров трещин и характера их заполнения в не затронутых выветриванием породах, так как в верхних частях разреза эта система осложняется появлением сети трещин выветривания.

При описании трещин выветривания необходимо отмечать их расположение, форму и характер, длину и глубину, степень зияния или ширину, густоту или частоту, характер заполнения, состав и свойства заполнителя. Расположение трещин и элементы их залегания определяются принятыми методами в геологии способами.

Вследствие изменения характера внутренних связей в породе в процессе ее выветривания уменьшается ее механическая прочность, понижается сопротивление породы воздействию на нее внешним усилием. Поэтому при изучении и описании признаков выветривания следует отмечать также прочность породы и отдельных ее компонентов.

Для стандартизации такого описания можно различать четыре категории прочности породы:

1. С трудом раскалывается молотком.
2. Разламывается руками.
3. Разламывается пальцами.
4. Рассыпается при легком прикосновении.

При полевом опробовании прочности породы следует описывать характер частей, на которые распадается порода, их форму, размеры, характер поверхности, цвет и т. п.

Кроме указанных выше основных признаков выветривания, следует отмечать и другие, дополнительные признаки, которые помогают отличать выветрелую породу от невыветрелой, например влажность, липкость, пластичность и т. п. Влажность и липкость породы определяются на ощупь по консистенции и по прилипаемости к пальцам рук. Пластичность пород устанавливается путем раскатывания куска породы в жгут.

По пластичности породы классифицируются следующим образом:

1. В жгут не раскатывается.
2. Раскатывается в толстый (тонкий) жгут.
3. Жгут сгибается в кольцо без разрыва сплошности и без образования трещин.

Если наблюдается изменение указанных дополнительных признаков выветривания в каком-либо направлении или с течением времени, то необходимо отмечать характер этого изменения и даты наблюдений.

Выше указывалось, что в настоящее время накоплено большое количество фактов, свидетельствующих о значительном влиянии жизнедеятельности организмов на характер и интенсивность процессов выветривания. Это заставляет особенно внимательно изучать распределение и состав живых организмов на поверхности и внутри горных пород [12]. Необходимо описывать характер распространения (пятнами, сплошным покровом и т. п.) и проникновения в глубь породы (по трещинам, порам) как низшей (лишай, грибы, мхи), так и высшей растительности, приуроченность ее к определенным породам или ориентировке склонов, отмечать развитие корневой системы, характер разрушения поверхности пород и т. п. Для этой цели необходима консультация специалиста-ботаника.

При описании признаков выветривания должны быть составлены следующие основные полевые документы.

1. Геолого-литологическая карта с изображением рельефа в горизонталях, на которую наносятся обследуемые точки.
2. Полевой журнал.
3. Колонка изученных разрезов.

### **Выводы**

1. Воздействие на горные породы проникающей в земную кору атмосферной воды нередко усложняется и усиливается вследствие наличия в ней растворенных веществ, в частности углекислоты и кислорода. На скорость и характер гидролитического разложения существенно влияет концентрация водородных ионов. Кислотный гидролиз ведет к расщеплению полуторных окислов и к обогащению остаточных продуктов кремнеземом, а при щелочном гидролизе происходит так называемая латеритизация, т. е. отщепление и удаление кремнекислоты и обогащение остающегося продукта полуторными окислами.

2. Глинистые продукты, возникающие преимущественно при химическом выветривании пород, обладают повышенной (по сравнению с материнской породой) пористостью, размягчаемостью, пониженным сопротивлением сжимающим и сдвигающим усилиям, резко увеличенной гидрофильностью, что обуславливает их большое набухание, усадку и пластичность. Обычно пониженное в них рН часто приводит к образованию кислой среды, разрушающе воздействующей на металлические и бетонные части сооружений. В

продуктах выветривания часто скапливаются растворимые соли (в частности гипс), вымывание которых при возведении, например, плотин представляет угрозу для устойчивости сооружения.

3. Для предотвращения проникновения в породу жидких и газообразных агентов выветривания могут быть использованы все материалы, применяющиеся в целях гидроизоляции, силикаты, гудрон, цемент и другие искусственные материалы или же глина. Однако все они, кроме глины, совершенно непригодны для предотвращения влияния на породу колебаний температуры. Для этой цели применяют глину или песок, уложенные достаточно мощным слоем, равным мощности зоны годовых колебаний температуры пород в данном районе или превышающим ее на 5–10 см.

4. К наиболее важным внешним признакам выветривания горных пород можно отнести: (1) цвет и оттенок породы; (2) степень и характер ее раздробленности; (3) минералогический состав; (4) механическую прочность.

5. При полевом опробовании прочности породы следует описывать характер частей, на которые распадается порода, их форму, размеры, характер поверхности, цвет и т. п. Кроме указанных выше основных признаков выветривания, следует отмечать и другие, дополнительные признаки, которые помогают отличать выветрелую породу от невыветрелой, например влажность, липкость, пластичность и т. п.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. М.: Изд-во «Колос» 1967.
2. Эффективность гидропосева Profile для защиты склонов от эрозии / ЭСТМ, журнал «Инженерная защита» № 1, 2014.
3. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. — Эрозия и охрана почв: Учебник. — М. Из-во МГУ, 1996.
4. Soil erosion and conservation / R.P.C. Morgan. — 3rd ed. National Soil Resources Institute, Cranfield University, 2005.
5. Саушкин Ю.Г. Введение в экономическую географию. М., МГУ, 1970. — с. 299.
6. Ветровая эрозия // Геологический словарь [в 3 т.] / гл. ред. О.В. Петров. 3-е изд., перераб. и доп. СПб. ВСЕГЕИ, 2010. Т. 1. А–Й. ISBN 978-5-93761.
7. Ramazonovich, R.B., & Ramazon, K. (2018). Evolution of soils of the Aral Sea area under the influence of anthropogenic desertification. European science review, (1–2).
8. Рамазонов, Б.Р. (2018). Растительный мир осушенного дна аральского моря. In Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования (pp. 716–719).
9. Ломтадзе В.Д. Словарь по инженерной геологии. СПб: Изд. СПбГИ, 1999. 360 с.
10. Абатурова И.В., Грязнов О.Н. Инженерно-геологические условия месторождений Урала в скальных массивах // Изв. вузов. Горный журнал. 2014. № 6. С. 160–168.
11. Блохина С.Н. Гидрогеоэкологические последствия горного техногенеза на Урале. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. 187 с.
12. Овечкина О.Н. Оценка и прогноз изменения состояния геологической среды при техногенном воздействии зданий высотной конструкции в пределах города Екатеринбурга: автореф. ... дис. канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2013. 24 с.

**Noskov Igor Vladislavovich**

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia  
E-mail: noskov.56@mail.ru

**Ananyev Sergei Anantolevich**

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia  
E-mail: ananda\_hasita@mail.ru

**Noskov Kirill Igorevich**

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia  
E-mail: nki88@yandex.ru

## **Physical and geological phenomena related activities of weathering agents**

**Abstract.** In this article, the authors highlight such modern geological processes as weathering, which can affect the choice of location and design of buildings and structures, the methods of construction work, etc. The erection of buildings and engineering structures in turn can cause the emergence of new natural geological processes and a change in existing ones. These processes resulting from human activity are called geotechnical processes. The ultimate goal of studying modern geological and engineering-geological processes is their assessment, necessary for the selection of measures that eliminate the negative impact of these processes on the normal (normative) work of buildings and structures. At the same time, it is not enough only to establish quantitative indicators characterizing these processes, it is also necessary to study the causes of the emergence and development of these processes. Modern engineering geology contains a fairly detailed classification of physical and geological phenomena, according to which the reasons for the occurrence of certain physical and geological phenomena are indicated. This is its practical value, since measures to combat such phenomena should first of all be aimed at eliminating the causes of their occurrence and development, and if this is not possible (for example, earthquakes), then at reducing their impact on buildings and construction. Geotechnical processes often have the same external manifestations as natural geological processes, although the causes of them are different. For example, landslides under the same geological conditions can occur as a result of natural washing of river banks with water, weathering and as a result of artificial clipping of this slope when any excavations are arranged. Bearing this circumstance in mind, the authors give comparisons of natural (natural) geological processes with similar engineering and geological processes. In the article, all the most important natural geological and engineering-geological processes are considered in accordance with the generally accepted geological classifications. In addition, the authors describe the general methodology of engineering and geological research for various types of construction, taking into account the phenomena of weathering of rocks.

**Keywords:** soil; water; air; process; slope; erosion; deflation; relief; landslides; loose and rock soils; weathering agents; cyclic process; blow-out pits