

МИНЕРАЛОГИЯ

И. СЕДЛЕЦКИЙ и А. МАЛОВИЧКО

**РОЛЬ КОЛЛОИДНО-ДИСПЕРСНЫХ МИНЕРАЛОВ В ПРОЦЕССАХ
ЗАМЕРЗАНИЯ ГРУНТОВ**

(Представлено академиком В. А. Обручевым 30 V 1944)

1. Теперь уже довольно твердо установлено, что коллоидно-дисперсные минералы имеют решающее значение в определении физических и коллоидно-химических свойств рыхлых пород; величина пластичности, емкость объема и другие свойства глин, почв, лессов определяются составом аргиллититов (1). С минералогическим составом тонких фракций кластоилитов считаются всегда при решении вопросов их использования. Например, использование монтмориллонитовых глин в нефтяной промышленности, каолиновых — в керамической и т. д.

Мерзлотоведение до сих пор игнорирует минералогический состав рыхлых пород, на которых изучаются процессы замерзания и оттаивания грунтов.

На основании изучения коллоидно-дисперсных минералов и установления их значения в физико-химических процессах грунтов мы выдвинули гипотезу о том, что и процессы замерзания во многом зависят и определяются составом коллоидно-дисперсных минералов.

Поставленные эксперименты, материалы о которых приводятся ниже, целиком подтвердили нашу гипотезу.

2. Для исследования были взяты три породы различного механического состава: песок, бескудниковский суглинок и юрская глина. Количество фракций меньше 1 μ в бескудниковском суглинке и юрской глине было почти одинаковым (15 и 17%), в песке эта фракция отсутствовала вовсе.

Состав коллоидно-дисперсных минералов в бескудниковском суглинке и юрской глине по данным рентгенографических анализов различен; основным компонентом в бескудниковском суглинке является каолинит и в юрской глине — нонтронит. Второстепенные компоненты: кварц, серицит и гетит в бескудниковском суглинке и кварц — в юрской глине.

Опыты по замораживанию бескудниковского суглинка и юрской глины показали, что в то время как в бескудниковском суглинке преобладали крупные трещины (прослойки льда), расположенные в центральной части образца, в юрской глине характерным было появление мелких волнообразных трещин (прослоек льда), расположенных у поверхности образца.

Для выяснения возможной зависимости различного поведения при замерзании бескудниковского суглинка и юрской глины от разного состава аргиллититов были проведены опыты на чистых минералах: каолините и нонтроните.

3. Рентгенограммы, дающие изменения внутренней структуры переувлажненного каолинита ($\omega = 65\%$; влажность полной влагоемкости

этого каолинита ($w = 50\%$) на трех вышеуказанных стадиях (исходная, мерзлая и после оттаивания) показывают, что исходное состояние каолинита характеризуется наличием на рентгенограмме довольно большого количества водяных капель (темные пятна). В мерзлом состоянии каолинит характеризуется: наличием большого числа мелких волнообразных горизонтальных трещин у верхней поверхности, наличием небольшого числа очень мощных и очень крупных трещин в центральной и нижней частях образца. После оттаивания образца каолинита мелкие волнообразные трещины исчезают совсем. Крупные трещины хотя и сохраняют свое расположение, но теряют интенсивность, что можно объяснить только тем, что влага снова впитывается грунтом. Темные пятна — водяные капли полностью сохранили свое расположение и форму на всех трех рентгенограммах.

4. Те же опыты с переувлажненными образцами нонтронита дали отличные от каолинита результаты.

В мерзлом состоянии нонтронит показал на рентгенограмме наличие очень большого числа мелких волнообразных трещин, параллельных верхней поверхности и заполняющих почти весь образец. Крупные трещины находятся в небольшом количестве.

Таким образом, картина внутренней структуры образцов чистых минералов при замерзании совершенно различна для каолинита и нонтронита. Изменения в каолините напоминают такие же изменения в бескудниковском суглинке, а изменения в нонтроните напоминают картину в юрской глине.

5. Опыты с каолинитом и нонтронитом различных влажностей дали те же результаты.

Каолинит с влажностью, близкой к полной влагоемкости ($w = 45\%$), показывает наличие довольно значительного количества водяных капель. В мерзлом состоянии появилось небольшое количество мелких и крупных трещин.

В талом образце мелкие трещины исчезают, крупные сохраняются, но меняют расположение и интенсивность. Интересно отметить, что темные пятна от капель не сохраняют полностью своего расположения, а в процессе замерзания и оттаивания перемещаются одно относительно другого. Это положение подтверждает идею Федосова (?) о наличии напряжений, возникающих в грунтах в процессе замерзания, и о миграции отдельных включений воды в результате их воздействия. Кроме того, в результате этого опыта капли ни разу не явились зародышами трещин.

Для образца того же каолинита с влажностью 37% на рентгенограмме исходного состояния мы уже не находим темных пятен округлой формы от водяных капель, но зато имеется некоторое количество воздушных включений (небольшие темные пятна неправильной формы).

В мерзлом состоянии наблюдается: небольшое число мелких горизонтальных трещин у верхней поверхности; наличие некоторого (очень небольшого) числа крупных трещин, соединяющих воздушные прослойки и имеющих сравнительно небольшие размеры.

В талом состоянии наблюдается: исчезновение мелких горизонтальных трещин у поверхности; наличие крупных трещин тех же размеров и в тех же местах, что и в мерзлом состоянии.

Последнее говорит о том, что процессы миграции воды и воздуха при оттаивании менее влажных образцов протекают менее интенсивно.

Рассмотрение рентгенограммы того же каолинита еще меньшей влажности ($w = 27\%$) показывает, что в исходном образце: совершенно отсутствуют круглые включения влаги (капли); имеется некоторое количество пустот, заполненных воздухом.

В мерзлом состоянии в образце образуется очень небольшое число трещин, причем все они развиваются из имевшихся до замораживания пустот, располагаются преимущественно горизонтально в нижней части образца.

В талом состоянии наблюдается некоторая деградация мелких трещин и не имеет места изменение крупных трещин (т. е. процесс миграции при протаивании протекает также очень слабо).

б. Аналогично проводилась рентгено съемка нонтронита при различных влажностях.

Рентгенограммы, представляющие картину изменения внутренней структуры нонтронитового образца с влажностью $\omega = 85\%$, показывают, что в исходном образце отсутствуют крупные водяные включения, но имеется некоторое количество крупных воздушных включений.

В мерзлом образце появляется сильно развитая трещиноватость, характеризуемая: наличием мелких волнообразных трещин, параллельных поверхности и заполняющих почти весь образец, и наличием не слишком длинных крупных трещин, также заполняющих весь образец.

В талом состоянии в этом образце сохраняются только крупные трещины, а мелкие — в особенности все трещины первого типа — совсем исчезают.

Рентгенограммы, представляющие картины изменения внутренней структуры нонтронитового образца влажностью $\omega = 60\%$ на тех же трех этапах, показывают, что в исходном состоянии: отсутствуют крупные водяные включения; имеется небольшое количество пустот и мелких трещинок, заполненных воздухом. В мерзлом состоянии эти пустоты развиваются в более крупные трещины — ледяные (воздушные) прослойки. Трещины располагаются преимущественно горизонтально.

В талом состоянии трещины заметно деградируют, причем, как и во всех предыдущих случаях, исчезают самые мелкие трещинки и мельчайшие разветвления крупных.

Сравнивая теперь мерзлые образцы нонтронита с мерзлыми образцами каолинита, замечаем следующее.

При влажности, большей полной влагоемкости, в образцах образуются преимущественно трещины первого типа (мелкие волнообразные), причем в нонтроните их значительно больше, чем в каолините.

При влажности, близкой к полной влагоемкости и несколько меньшей, наблюдается максимальное развитие крупных трещин (второго типа), причем в каолините они длиннее и тоньше, в нонтроните — короче и толще. Число же мелких трещин уменьшается с уменьшением влажности.

При влажности, значительно меньшей полной влагоемкости, мелких трещин (первого типа) в образцах вообще не появляется, а образуются только трещины второго, или — правильнее будет их назвать — третьего типа, т. е. трещины, связанные с наличием воздушных включений.

Таким образом, наши предположения о зависимости характера трещинообразования от минералогического состава грунта подтверждаются. Характер трещин юрской глины, в которую в качестве основного глинистого минерала входил нонтронит, оказался почти совершенно таким же, как в чистом нонтроните. Характер же трещин в бескудниковском суглинке соответственно оказался близким к характеру трещин в чистом каолините. При влажности, соответствующей максимальному развитию крупных трещин в бескудниковском суглинке, трещины получаются еще более длинными и тонкими, чем в каолините. Исходя из этого, мы провели дополнительные опыты с теми минералами, которые также присутствовали в коллоидных фракциях бескудниковского суглинка, т. е. с мусковитом и кварцем.

Ввиду того, что мы располагали очень небольшим количеством этих

минералов, нам пришлось ограничиться исследованием их только при одной влажности, несколько меньшей полной влагоемкости. Опыты произведены на мусковите (слоде) на тех же трех стадиях процесса. Они показывают, что в мерзлом состоянии в мусковите появляется трещиноватость (т. е. миграция протекает по типу глин). Насколько можно судить по одному опыту, характер возникающих трещин ближе всего к тому, который мы наблюдали в бескудниковском суглинке, т. е. наблюдается очень небольшое число мелких трещин (первого типа) у самой поверхности и сравнительно большое число длинных тонких трещин (второго типа). Это также подтверждает наши предположения и объясняет, почему характер трещин в бескудниковском суглинке не совсем такой же, как в каолините. Он получается промежуточным между каолинитом и мусковитом, поскольку там присутствуют эти два минерала.

Кроме того, в образцах обоих грунтов (юрской глины и бескудниковского суглинка) мы нашли кварц. Как и следовало ожидать, миграция влаги в мелком кварце протекает по типу песка и образованием трещин не сопровождается. Этим, очевидно, и объясняется, что в юрской глине и бескудниковском суглинке, заключающих некоторое количество кварца, трещинообразование (особенно трещины первого типа) носит менее интенсивный характер, чем в чистых глинистых минералах.

Поступило
30 V 1944

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Седлецкий и С. Юсупова, ДАН, XXVI, № 3 (1940). ² А. Е. Федосов, Физико-механические процессы в грунтах при их замерзании и оттаивании, М., 1935.