

Изменения состояния лесных грунтов в переходные периоды: промерзание и оттаивание¹

Е. И. Ратькова²

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена рассмотрению явлений, происходящих при промерзании и оттаивании лесных грунтов в межсезонный период эксплуатации лесозаготовительной техники.

Ключевые слова: лесозаготовки, промерзание грунтов, миграция воды, морозное пучение.

SUMMARY

The article is devoted to the consideration of the phenomena, occurring at getting cold and thawing of wood grounds during the interseasonal period of operation the harvesting technique.

Keywords: harvesting operations, water migration, getting cold of grounds.

В последние десятилетия лесозаготовки на Северо-Западе России характеризовались длительными неустойчивыми периодами межсезонья. Затяжная осень с последующей малоснежной зимой и достаточно затяжная весна поставили острую проблему исследования воздействия лесозаготовительной техники на лесные почво-грунты в данные переходные периоды.

Согласно исследованиям [1, 2], на территории Северо-Запада России нашли распространение все три известные технологии лесозаготовок (целыми деревьями, хлыстовая и сортиментная) и соответствующая техника.

В работе [3, 5] отмечено, что эксплуатация любой лесозаготовительной техники вызывает изменения свойств почво-грунтов на путях ее перемещения. При этом в большинстве случаев исследователями рассматриваются грунты различной влажности при положительной температуре [4, 6, 7].

В то же время очевидно, что в переходные периоды, особенно при начальном осеннем промерзании, почво-грунты под воздействием техники будут вести себя по-

иному. Для изучения этого процесса (взаимодействия машин с переходным состоянием почво-грунта) необходимо знать явления, происходящие в почво-грунте в процессе естественного промерзания и оттаивания.

Если при положительной температуре грунт представляет собой обычно трехфазную систему, состоящую из минеральных частиц, воды и воздуха, то при отрицательной температуре грунт переходит в более сложную, четырехфазную систему, состоящую из минеральных частиц, воды, воздуха и льда, который иногда занимает до 50 % объема грунта.

Лед в мерзлом грунте служит «цементом» между отдельными минеральными частицами. Кроме того, лед является заполнителем пор грунта и его разрыхлителем при промерзании.

С понижением температуры каждый из элементарных слоев грунта находится последовательно в одной из следующих стадий.

Первая стадия – охлаждение грунта до температуры, при которой лед в нем еще не образуется. В таком случае развиваются следующие процессы:

- а) испарение влаги с поверхности грунта и связанный с ним процесс усадки грунтового скелета;
- б) объемное сжатие элементов грунтового скелета за счет дегидратации и агрегирования минеральных частиц и их коагуляция;
- в) объемное увеличение воды при охлаждении ее от +4 °С до температуры начала замерзания свободной воды;
- г) объемное изменение порового воздуха.

Процессы, перечисленные в пунктах а, б, г, происходят также во второй и третьей стадиях охлаждения.

Вторая стадия – охлаждение грунта в пределах интенсивных фазовых переходов, когда происходит объемное увеличение воды при переходе ее в лед и перераспределение влажности (миграция воды).

Третья стадия – уменьшение грунта в объеме при дальнейшем понижении температуры за счет:

- 1) замерзания некоторого количества воды и соответственно увеличения ее объема при переходе в лед;
- 2) объемного сжатия образовавшегося льда.

Вода в грунтах находится в двух состояниях: в свободном и связанном. Эти виды воды и их количество существенно влияют на физико-механические свойства и, в частности, на температуру начала замерзания грунта, которая может отличаться от нуля градусов.

¹ Статья выполнена под руководством профессора В. С. Сютёва.

² Автор – старший преподаватель кафедры систем автоматизированного проектирования.

Соотношение между свободной и связанной водой в грунтах различно и определяется степенью дисперсности твердой фазы, ее гидрофильностью. В глинистых грунтах связанной воды будет гораздо больше по сравнению с грунтами, сложенными преимущественно частицами грубодисперсной фракции. В песчаных и крупнообломочных грунтах этой воды немного, и она не имеет практического значения.

При температуре начала замерзания вода в грунтах не вся сразу превращается в лед. Вначале замерзает свободная вода, содержащаяся в крупных порах и капиллярах, затем, при более низких температурах, замерзает рыхлосвязанная вода. Прочносвязанная вода всегда остается в незамерзшем состоянии. Количество незамерзшей при данной температуре воды не остается постоянным, а все время изменяется в зависимости от колебаний отрицательной температуры, величины внешнего давления, влажности, концентрации и химического состава грунтового раствора. Кроме того, при одной и той же температуре количество незамерзшей воды зависит от гранулометрического состава и свойств твердых частиц грунта.

Во время промерзания грунтов наблюдается миграция воды.

Передвижение влаги происходит за счет следующих физических сил:

- а) сил кристаллизации воды, которые вырывают молекулы воды из пленок и заставляют их перейти в кристалл льда;
- б) сил адсорбции и капиллярности, стремящихся восстановить равновесие в пленках, нарушенное силой кристаллизации.

Вследствие непрерывности водных пленок и капилляров нарушенное на границе промерзания равновесие вызывает подток воды снизу, где отсутствует сила кристаллизации и где силы адсорбции уравновешены. Зона подсосывания влаги распространяется вниз. Когда внизу на небольшой глубине имеется грунтовая вода, то увеличение влажности в промерзающем грунте происходит не только за счет запаса влаги в нижележащем талом слое, но и за счет дополнительного притока с поверхности грунтовых вод.

На процесс миграции оказывают влияние многие факторы:

- а) гранулометрический и химико-минералогический состав грунтов;
- б) гидрофильность грунта;
- в) начальная влажность и наличие подтока воды извне к промерзающему грунту;
- г) плотность грунта;
- д) скорость и время промерзания;
- е) температура среды, при которой замерзает вода в грунте;
- ж) величина приложенной нагрузки;

з) повторность циклов замерзания и оттаивания и пр.

Наиболее интенсивная миграция к фронту промерзания наблюдается в грунтах с высоким содержанием пылеватых фракций. В крупносkeletalных промерзающих грунтах миграция практически отсутствует. При промерзании таких грунтов происходит отжатие («поршневой эффект») воды из промерзающего слоя гидростатическими силами, развивающимися вследствие увеличения объема воды при замерзании, и незамерзшая еще вода перемещается от фронта промерзания.

Повторность циклов замораживание – оттаивание обычно ведет к увеличению интенсивности миграции влаги. Это объясняется тем, что при повторном замораживании происходит разрыхление грунта, облегчается подток капиллярной влаги к промерзающему слою. Промерзающая система переходит из замкнутой в открытую с обеспеченным подтоком воды извне.

В Карелии в осенний и зимний периоды похолодания часто сменяются потеплениями, и температура грунта может повышаться до температуры интенсивных фазовых переходов; в этих условиях миграция влаги может наблюдаться в течение всего зимнего периода.

При промерзании грунта происходит увеличение его объема – неравномерное морозное пучение и последующая, как правило, неравномерная осадка при оттаивании.

Морозное пучение грунта – это результат объемного расширения (примерно на 9 %) воды, находящейся в нем до промерзания и дополнительно мигрирующей к границе промерзания в процессе перехода воды из жидкого состояния в твердое. Этот процесс сопровождается образованием ледяных прослоек и линз.

Морозное пучение грунтов происходит при следующих условиях:

- а) содержания в грунте соответствующего количества пылеватых и глинистых частиц;
- б) увлажнении грунта свыше нижнего предела пластичности перед замерзанием и возможности подсоса влаги из нижних слоев;
- в) отрицательной температуре наружного воздуха и температурных градиентах при отрицательных температурах грунта.

Основным источником увлажнения грунтов в природных условиях являются атмосферные осадки в виде дождей и подземные воды, залегающие близко к поверхности грунта. На увлажнение грунтов в осенний период большое влияние оказывает распределение осадков в течение года.

Для Карелии характерно залегание грунтовых вод на сравнительно небольшой глубине, выпадение большого

количества осадков в осенний период, частое потепление в зимнее время и высокая влажность воздуха. Все это способствует дополнительному увлажнению грунта перед промерзанием.

Все глинистые грунты обладают свойством морозного пучения. Песчаные и крупносkeletalные грунты в условиях свободного оттока воды при промерзании относятся к непучинистым. Если крупносkeletalные грунты содержат в виде заполнителя пылевато-глинистые фракции в количестве более 30 % по весу и при промерзании находятся в водонасыщенном состоянии, то они проявляют пучинистые свойства. Наиболее пучинистые грунты содержат пылеватых частиц от 30 до 80 %.

На величину морозного пучения грунтов большое влияние оказывает плотность их сложения. Если грунты очень плотные, то три их промерзания наблюдается незначительное пучение, поскольку такие грунты имеют мало воды и в них затруднена возможность ее передвижения при промерзании. В очень рыхлых грунтах много пор и пустот, которые обычно свободны от воды; за счет этих пустот гасятся деформации пучения. Грунты средней плотности с полным заполнением всех пор водой при промерзании сильно деформируются от морозного пучения.

Признаками проявления пучения обычно являются:

- сосредоточенные бугры на уплотненных местах;
- резкое увеличение влажности верхних слоев грунта;
- накопление ледяных прослоек в промерзающем слое;
- взаимно пересекающиеся мелкие трещины на буграх;
- зыбь при проезде транспорта весной;
- выходы напорных вод на поверхность в период весеннего подъема температуры через трещины.

В слое грунта, переходящем из пластичномерзлого в твердомерзлое состояние, возникают силы морозного пучения. Мощность этой зоны зависит от начальной влажности, скорости промерзания, пористости, количества воды, которое может поступать в процессе миграции.

Таким образом, при исследовании воздействия лесозаготовительной техники на почво-грунты необходимо рассматривать их состояние в межсезонный период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сюнев В. С. Сравнение технологий лесосечных работ в лесозаготовительных компаниях Республики Карелия / В. С. Сюнев, А. П. Соколов, А. П. Коновалов и др. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии METLA, 2008. 126 с.
2. Карьялайнен Т. На пути к прогрессивному лесному сектору на Северо-Западе России: заключительный отчет по исследовательскому проекту / Т. Карьялайнен, П. Оллонквист, О. Саастамайнен и др. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии METLA, 2008. 112 с.

3. Герасимов Ю. Ю. Экологическая оптимизация технологических процессов и машин для лесозаготовок / Ю. Ю. Герасимов, В. С. Сюнев. Йоэнсуу: Изд-во университета Йоэнсуу, 1998. 178 с.
4. Анисимов Г. М. Об управлении экологической совместимостью системы движитель трактора – лесная почва / Г. М. Анисимов // Лесной журнал. 1997. № 3. С. 27–31.
5. Лукашевич В. М. Климатические условия как фактор для обоснования периода эксплуатации лесовозных дорог / В. М. Лукашевич, Л. В. Щеголева // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы междунар. науч.-техн. конф. Вологда: ВоГТУ, 2006. С. 36–38.
6. Ширнин Ю. А. Изменение средней природной влажности глинистых грунтов и их влияние при проектировании лесовозных дорог в Сернурском районе Республики Марий-Эл / Ю. А. Ширнин, В. М. Вайнштейн // Региональное использование лесных ресурсов: Материалы междунар. науч.-практич. конф. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. С. 80–82.
7. Чупраков А. М. Повышение эффективности освоения лесосек на слабонесущих грунтах / А. М. Чупраков // Региональное использование лесных ресурсов: Материалы междунар. науч.-практич. конф. Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. С. 105–107.