

**О.В. Зубова, В.В. Силецкий**

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПРОДОЛЬНОГО ВОДООТВОДА**

*Введение.* Создание и расширение лесной инфраструктуры на сегодняшний день является одним из наиболее острых вопросов лесного комплекса. Отсутствие инвестиций в строительство и содержание лесных дорог за последние десятилетия крайне негативно сказалось на себестоимости лесных ресурсов. С каждым годом данный показатель будет повышаться в связи с тем, что существующие дороги не поддерживались в должном состоянии, а строительство новых лесных дорог практически отсутствовало в течение нескольких десятилетий, что привело практически к полному разрушению лесной инфраструктуры.

Основным фактором, не позволяющим увеличить объемы строительства лесных дорог на территории РФ, является высокая стоимость материалов и их транспортирование к объекту строительства. Но не менее важной проблемой является отсутствие содержания построенных дорог после выработки лесосеки лесозаготовителями. Отсутствие ухода за лесными дорогами приводит к их скорому разрушению.

При отсутствии содержания дороги наиболее уязвимым слоем становится земляное полотно, так как его показатели устойчивости и прочности зависят от правильно организованного водно-теплового режима, обеспеченного продольным водоотводом. При строительстве лесных дорог продольный водоотвод не укрепляется в целях экономии материально-технических ресурсов. Некачественное строительство водоотвода, а также отсутствие содержания приводит к его скорому заиливанию, затоплению и обрушению. При затоплении продольного водоотвода начинается подмыв земляного полотна, что приводит к скорому разрушению конструктивного слоя и лесной дороги.

*Цель исследования* – разработка мероприятий по улучшению работы продольного водоотвода.

*Задачи исследования:*

- обследование состояния существующих продольных водоотводов на лесных дорогах и дорогах общего пользования в Ленинградской области;
- анализ полученных материалов;

– разработка комплекса мер по повышению водопропускной способности продольного водоотвода.

*Объект и методика.* Объект исследования – продольный водоотвод, отвечающий за отвод воды от земляного полотна лесных дорог. В ходе выполнения задачи исследования было проведено обследование состояния существующих продольных водоотводов дорог различных категорий в Ленинградской области на основе выборки из 4 объектов.

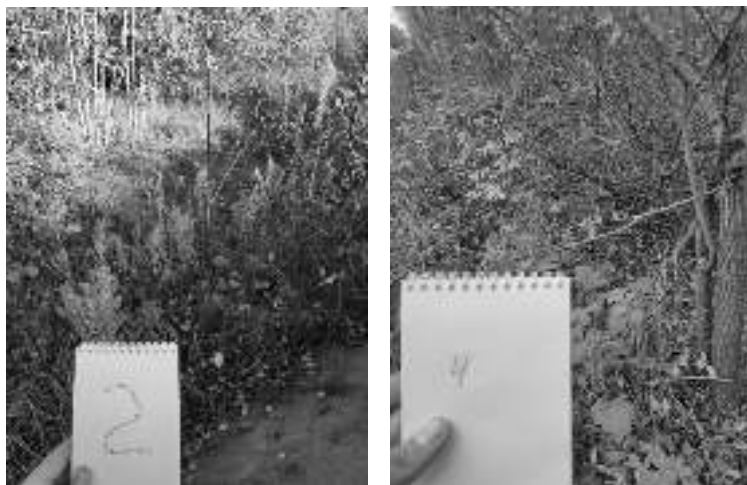
1. Обследование продольного водоотвода лесовозной дороги 5-й категории в Выборгском районе Ленинградской области, с координатами 60.229289, 29.893864, показало, что обслуживание водоотвода, как и дороги, отсутствует что привело к полному зарастанию канавы (рис. 1). При наличии паводков канава затопливается что приводит к частичному подмыву земляного полотна.



*Рис 1.* Продольный водоотвод лесовозной дороги 5-й категории в Выборгском районе Ленинградской области

*Fig 1.* Longitudinal drainage of the 5th category forest road in Vyborgsky Raion, Leningrad Oblast

2. Обследование продольного водоотвода лесовозной дороги 5-й категории в Всеволожском районе Ленинградской области, с координатами 60.140541, 30.499378, показало продолжительное отсутствие должного содержания, канава заросла кустарником и деревьями, дно канавы заилено, что негативно сказывается на отводе воды от земляного полотна. В различных местах на участке дороги произошли подмывы земляного полотна. Состояние канавы представлено на рис. 2.



*Рис. 2.* Продольный водоотвод лесовозной дороги 5-й категории в Всеволожском районе Ленинградской области

*Fig. 2.* Longitudinal drainage of category 5th forestry road in Vsevolozhskiy Raion, Leningrad Oblast



*Рис. 3.* Продольный водоотвод лесовозной дороги 5-й категории в Тосненском районе Ленинградской области

*Fig. 3.* Longitudinal drainage of category 5th forestry road in Tosnensky Raion, Leningrad Oblast

3. Обследование продольного водоотвода лесовозной дороги 5-й категории в Госненском районе, Ленинградской области, с координатами 59.293519, 31.399390, показало полное разрушение продольного водоотвода, что привело к подтоплению земляного полотна (рис. 3). При продолжительном подмыве земляного полотна произойдет разрушение всех конструктивных слоев дороги.

4. Для сравнения был обследован продольный водоотвод дороги общего пользования 2-й категории в пределах города Санкт-Петербург (рис. 4). На рисунке можно увидеть, что, несмотря на использование дорогостоящих конструкций и материалов, водоотвод зарастает несущественно, но также заиливается и со временем без ухода разрушается.



Рис 4. Продольный водоотвод дороги общего пользования 2-й категории в г. Санкт-Петербург

Fig. 4. Longitudinal drainage of public road of 2nd categories in St. Petersburg

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод – для функционирования водоотвода необходимо содержание, а также использование качественных материалов и соблюдение норм при проектировании продольного водоотвода.

*Результаты и обсуждения.* Для повышения долговечности водопропускных сооружений необходимо придерживаться следующих положений при проектировании. Канавы должны пропускать максимальный расход воды, возможный по условиям ее водосборной площади. Пропускная способность канавы зависит от площади ее поперечного сечения, продольного уклона и степени шероховатости дна и стенок. Поперечное сечение и продольный уклон канав должны удовлетворять следующим условиям:

1. Обеспечить пропуск заданного расхода при минимальном объеме земляных работ для постройки канавы.

2. При данном уклоне скорость течения должна быть меньше скоростей, при которых уже начинается размыв грунта, или укрепления канавы.

3. Скорость течения должна быть больше скорости, при которой в канаве начинают откладываться взвешенные в воде частицы грунта, и канавы заиливаются. Для лесных автомобильных дорог уклон дна водоотводных канав должен быть не менее 5%.

4. Условие неразмываемости дна и стенок канавы требует, чтобы скорость течения в канаве была ограничена. Допускаемые скорости приведены в таблице по учебному пособию\*.

#### Допускаемые скорости течения воды по естественным грунтам

##### The permissible speed of water flow in natural soils

Наименование грунтов	Допускаемые средние скорости, м/с	Уклон в %, при котором скорость достигает размывающей величины
1. Мелкозернистые грунты		
Песчаные, пылеватые, супесчаные мелкие и пылеватые	0,2–0,6	1–2
Песчаные, супесчаные, суглинистые и суглинистые пылеватые	0,5–1,0	2–3

\* Жукова В.И. и др. Проектирование автомобильных дорог. Основы. Красноярск: СПб. Федер. ун-т, 2014.

Окончание таблицы

Наименование грунтов	Допускаемые средние скорости, м/с	Уклон в %, при котором скорость достигает размывающей величины
Тяжелосуглинистые	1,0–1,4	3–4
Глинистые	1,4–1,8	3–4
2. Мелкозернистые грунты с содержанием каменного скелета 10-50%		
Песчаные, пылеватые, супесчаные мелкие и пылеватые	0,4–0,75	2–3
Песчаные, супесчаные, суглинистые и суглинистые пылеватые	0,75–1,4	3–4
Тяжелосуглинистые	1,4–1,8	3–4
Глинистые	1,8–2,2	4–5
3. Каменные грунты с содержанием скелета более 50%		
Мелкий гравий или щебень фракции 2-40 мм	1,2	3
Гравий или щебень фракции 40-60 мм	2,0	4
Галька или крупный щебень фракции 60–100 мм	2,5	5
Камень 100–250 мм	3,0	5
Очень крупный камень >250 мм	4,0	5
4. Скальные грунты		
Слабая скала	5,0	–
Прочная скала	10,0	–
5. Прочие породы		
Ил	0,15	0,5–1,0
Торф разложившийся	0,4–1,0	2–3
Торф неразложившийся	1,0–2,0	3–4

Требование проектирования канавы с расчетом защиты ее от заиления важно для службы канавы и эксплуатации дороги. Заиливание канавы уменьшает ее пропускную способность и требует расхода значительных

средств на отчистку канав. Исследования показывают, что мелкие наносы начинают откладываться при скоростях менее 0,25 м/с, а мелкий песок – при скоростях менее 0,40 м/с. Если скорости течения не превосходят 0,60 м/с, то канава может зарастать травой [Копыленко. 2013].

При соблюдении данных норм и использовании качественного материала повысится долговечность продольного водоотвода, что положительно скажется на сроке службы дороги. Но использование дорогостоящих материалов при строительстве лесной дороги является крайне нерентабельным решением. В связи с этим на кафедре промышленного транспорта были проведены исследования по поиску материала с высокими физико-механическими показателями и низкой себестоимостью [Зубова и др., 2018]. Разработанный материал на основе отхода промышленности – нефелинового шлама и грунтов местного залегания обладает высокой морозостойкостью и монолитностью, данные свойства являются одними из первостепенных для материалов, предназначенных к строительству канав. Предлагаемый материал имеет низкую себестоимость, так как для получения смеси не используют дорогие минеральные вяжущие и заполнители. В основе данного материала содержится нефелиновый шлам – отход промышленности. Данный отход обладает свойствами медленно твердеющего минерального вяжущего и в смеси с грунтами позволяет сформировать достаточно прочную и монолитную структуру материала, необходимую для строительства продольного водоотвода [Зубова и др., 2019].

При строительстве водоотвода предлагается применять следующие разработанные смеси [Зубова и др., 2018]:

- для суглинистых грунтов – дозировки нефелинового шлама – 10–40%, в зависимости от требуемых физико-механических показателей.
- для супесчаных грунтов – дозировки нефелинового шлама – 20–50%, в зависимости от требуемых физико-механических показателей.

При проектировании следует учесть, что работы по устройству водоотводных и дренажных систем организовываются так, чтобы разработка, планирование и уплотнение грунта были выполнены до полного замерзания грунта на глубину промерзания, установленную климатическими условиями района строительства по СП 22.13330.2012. Для отвода воды поверхность дорожного покрытия должна устраиваться с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках и с односкатным поперечным профилем на криволинейных участках и выражах согласно СП 34.13330.2012.

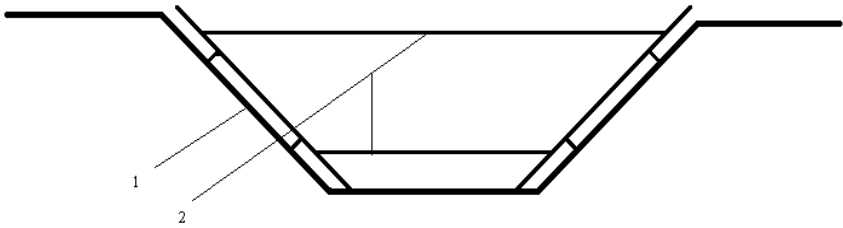


Рис. 5. Схема размещения опалубки в канаве для устройства слоя шламогрунта:  
1 – канава; 2 – опалубка с распорками

Fig. 5. Scheme of formwork placement in the ditch for slurry bed arrangement:  
1 – ditch; 2 – formwork with spacers

Для строительства канав лесовозных дорог с использованием шламогрунта выполняются следующие этапы:

- устанавливается опалубка из низкокачественной древесины (например, горбыля) с фиксирующими распорками, которые надежно фиксируют низкокачественную древесину между откосами, что позволяет без особых трудозатрат засыпать и зафиксировать НФШ;
- засыпка нефелинового шлама в опалубку, толщина засыпки выбирается исходя из климатических и почвенно-грунтовых условий;
- процесс твердения шлама от 7 до 14 сут., после окончания процесса затвердевания снимается опалубка;
- после снятия опалубки происходит засыпка и уплотнение НФШ на дне канавы.

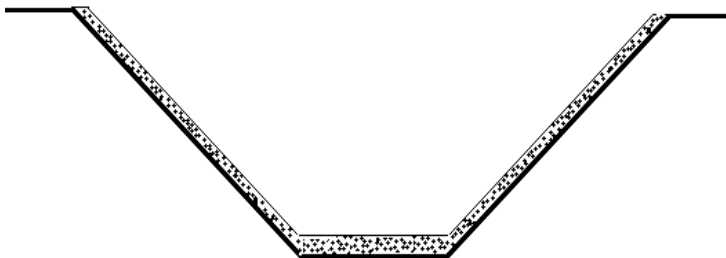


Рис. 6. Поперечный профиль канавы, укрепленной шламогрунтом

Fig. 6. Transverse profile of the ditch reinforced with slurry



При использовании шламогрунта по представленной технологии суммарных затрат на строительство может быть снижена до 30% за счет использования отходов промышленности как альтернативы традиционным минеральным вяжущим, что приведет к повышению рентабельности строительства дороги.

*Заключение.* В ходе проведенного исследования были собраны данные по состоянию продольного водоотвода дорог различных категорий в Ленинградской области. Полученные данные подтверждают существование проблем с продольным водоотводом, а следовательно, и с водно-тепловым режимом земляного полотна. Был предложен способ решения проблемы устройством канав из материалов, имеющих высокие технологические показатели при содержании и эксплуатации водоотвода, разработаны оптимальные смеси шламогрунта для различных грунтово-гидрологических условий, а также приведена оптимальная технология для строительства боковых канав. Данные изменения в строительстве позволят повысить срок службы продольного водоотвода, а также повысить время межремонтного периода лесных дорог.

### **Библиографический список**

*Зубова О.В., Артемьев В.В., Ефимов В.И., Гудебский А.Н.* Исследование физико-механических свойств дорожно-строительного материала на основе смеси песчаного грунта и нефелинового шлама // Сборник статей по материалам НТК ИТМиТЛ по итогам научно-исследовательских работ 2017. СПб: СПбГЛТУ, 2018. С. 133–140.

*Зубова О.В. Силецкий В.В., Куканов С.Ю., Коваленко Т.В.* Increase sludge-ground and ash-ground mixtures crystal lattice strength by lowering the pH environment // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. 316. 012085.

*Зубова О.В. Силецкий В.В., Козлов А.П., Кузнецов К.В.* Исследования дорожных смесей на основе грунтов лесной зоны и нефелинового шлама с добавками минеральных вяжущих // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 223. С. 187–200. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.187-200 187-200.

*Копыленко В. А.* Малые водопропускные сооружения на дорогах России. М.: учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013.

### **References**

*Zubova O.V. Artemyev V.V., Efimov V.I., Gudebsky A.N.* Investigation of physical and mechanical properties of road construction material based on a mixture of sandy soil and nepheline sludge. *The proceedings NTK Imill according to the results of*

*scientific research in 2017*. St. Petersburg: Saint-Petersburg State Forestry University, 2018, pp. 133–140. (In Russ.)

Zubova O.V., Siletskiy V.V., Kukanov S.Y., Kovalenko T.V. Increase sludge-ground and ash-ground mixtures crystal lattice strength by lowering the pH environment // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2019, 316, 012085. (In Russ.)

Zubova O.V., Siletskiy V.V., Kozlov A.P., Kuznetsov K.V. Research of road mixes based on forest zone soils and nepheline sludge with mineral binders. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2018, is. 223, pp. 187–200. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.187-200 187-200. (In Russ.)

Kopylenko V.A. Small culverts on the roads of Russia. Moscow: Educational and methodological center for education in railway transport, 2013. (In Russ.)

*Материал поступил в редакцию 11.11.2020*

**Зубова О.В., Силецкий В.В.** Совершенствование технологии строительства продольного водоотвода // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 233. С. 166–176. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.166-176

Приведены результаты исследований продольного водоотвода лесных дорог в Ленинградской области. Целью данного исследования является разработка мероприятий по улучшению работы боковых канав лесных дорог. Проведенное исследование показало, что отсутствие содержания продольного водоотвода негативно сказывается не только на земляном полотне, но также оказывает разрушительное воздействие и на лесную дорогу в целом. Предложен альтернативный материал – шламогрунт для использования в строительстве продольного водоотвода, а также альтернативный способ возведения канавы с использованием шламогрунта. Применение предложенной технологии и материала позволит повысить долговечность конструкции за счет прочных монолитных кристаллических структур, образующихся в ходе взаимодействия нефелинового шлама и грунтов местного залегания.

**Ключевые слова:** шламогрунт, лесные дороги, водопропускные сооружения, канавы, продольный водоотвод.

**Zubova O.V., Siletskiy V.V.** Improving the technology of construction of a longitudinal drainage system. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2020, is. 233, pp. 166–176 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.166-176

There're presented results of studies of the longitudinal drainage of forest roads in the Leningrad region. The purpose of this study is to develop measures to improve the operation of side ditches of forest roads. The study showed that the lack of maintenance of the longitudinal drainage system has a negative impact not only on the

roadbed, but also has a devastating effect on the forest road as a whole. An alternative material is proposed – a mixture of sludge and soil for use in the construction of a longitudinal drainage system, as well as an alternative method for constructing a ditch using a mixture of sludge and soil. The use of the proposed technology and material will increase the durability of the structure due to strong monolithic crystal structures formed during the interaction of nepheline sludge and local soils.

**Keywords:** a mixture of sludge and soil, forest roads, culverts, ditches, longitudinal drainage.

---

**ЗУБОВА Оксана Викторовна** – доцент кафедры промышленного транспорта Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. WoS ResearcherID: AAE-4427-2020. ScopusAuthorID: 57217966252. ORCID: 0000-0002-6263-4688.

194021. Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: ok\_z19@mail.ru

**ZUBOVA Oksana V.** – PhD (Technical), Associate Professor, St.Petersburg State Forest Technical University. WoS ResearcherID: AAE-4427-2020. ScopusAuthorID: 57217966252. ORCID: 0000-0002-6263-4688.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: ok\_z19@mail.ru

**СИЛЕЦКИЙ Вадим Витальевич** – аспирант Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. ResearcherID: ABD-1334-2020. ScopusAuthorID: 57211205534. ORCID: 0000-0003-3357-533X.

194021. Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: lol.spairo@yandex.ru

**SILETSKIY Vadim V.** – PhD student, St.Petersburg State Forest Technical University. ResearcherID: ABD-1334-2020. ScopusAuthorID: 57211205534. ORCID: 0000-0003-3357-533X.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: lol.spairo@yandex.ru