

**Методы закрепления подвижных песков и защитные лесные полосы вдоль
железных дорог: обзор современных исследований**

Юсупова Хуршида Абдимуминовна

Магистрантка группы: МТТУФ-2r

Лесов Кувандык Сагинович

Научный руководитель: к.т.н., профессор

**Methods of Mobile Sand Stabilization and Protective Forest
Belts along Railways: A Review of Modern Research**

Yusupova Khurshida Abdimuminova

Master's student of the group МТТУФ-2r

Lesov Kuvandyk Saginovich

Scientific supervisor: Professor

Аннотация: Подвижные пески представляют серьёзную угрозу для устойчивой эксплуатации железных дорог в аридных регионах. В статье выполнен обзор современных исследований, посвящённых методам закрепления подвижных песков и применению защитных лесных полос для предотвращения песчаных заносов. Рассмотрены природные и антропогенные факторы формирования подвижных песков, а также инженерные и биологические методы их стабилизации. Проведён сравнительный анализ эффективности различных способов закрепления песков и показана значительная роль защитных лесных полос в снижении интенсивности ветровой эрозии и повышении устойчивости железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: подвижные пески; закрепление песков; песчаные заносы; защитные лесные полосы; ветровая эрозия; мелиорация песков; железные дороги; полоса отвода.

Abstract: Mobile sands pose a serious threat to the stable operation of railway infrastructure in arid regions. This paper presents a review of modern research on methods of mobile sand stabilization and the use of protective forest belts to prevent sand drifts along railways. Natural and anthropogenic factors influencing the formation and movement of mobile sands are analyzed, as well as engineering and biological methods for their stabilization. A comparative analysis of the effectiveness of different sand stabilization methods is carried out. Particular attention is given to the role of protective forest belts in reducing wind erosion intensity and improving the stability of railway infrastructure in areas affected by sand movement.

Keywords: mobile sands; sand stabilization; sand drifts; protective forest belts; wind erosion; sand reclamation; railways; railway right-of-way.

1. Введение

В условиях аридного и полупустынного климата подвижные пески являются одним из наиболее опасных природных факторов, оказывающих негативное влияние на функционирование транспортной инфраструктуры. Особенно остро данная проблема проявляется при эксплуатации железных дорог, проходящих через пустынные и полупустынные районы, где активные ветровые процессы способствуют интенсивному перемещению песчаных масс [1].

Ветровая эрозия и дефляционные процессы приводят к образованию песчаных заносов на железнодорожных путях, откосах насыпей и в полосе отвода железных дорог. Накопление песка на элементах верхнего строения пути ухудшает условия эксплуатации железнодорожной инфраструктуры, снижает безопасность движения

поездов и увеличивает затраты на содержание и обслуживание путевого хозяйства [1].

В отдельных регионах ежегодный объём песчаных наносов может достигать 20–30 т на километр железнодорожного пути, что требует проведения регулярных мероприятий по очистке и укреплению путей.

В последние десятилетия проблема закрепления подвижных песков приобретает всё большую актуальность в связи с усилением антропогенного воздействия на природные ландшафты и изменением климатических условий. Нарушение естественного растительного покрова при строительстве транспортных коммуникаций и хозяйственной деятельности приводит к активизации процессов дефляции и увеличению площади подвижных песков [6].

Одним из наиболее эффективных способов предотвращения песчаных заносов является применение инженерных и биологических методов закрепления песков. Среди биологических методов особое место занимают защитные лесные полосы, которые позволяют существенно снижать скорость ветра, уменьшать интенсивность ветровой эрозии и стабилизировать песчаные массивы [7].

Целью настоящей статьи является анализ современных методов закрепления подвижных песков и оценка эффективности применения защитных лесных полос для защиты железнодорожной инфраструктуры.

2. Факторы образования и перемещения подвижных песков вдоль железных дорог

Формирование подвижных песков определяется совокупностью природных и антропогенных факторов. Основную роль в этом процессе играют климатические условия, ветровой режим, гранулометрический состав песчаных отложений, рельеф местности и состояние растительного покрова [6].

Наиболее важным фактором является ветровой режим. В условиях открытых песчаных поверхностей ветер способен переносить значительные объёмы песчаных частиц. Перемещение песка начинается при скорости ветра 4–6 м/с, а при увеличении

скорости ветра до 10–15 м/с интенсивность переноса может достигать 10–20 кг песка на квадратный метр поверхности в сутки.

В результате формируются подвижные формы песчаного рельефа — барханы, дюны и песчаные гряды, которые постепенно перемещаются в направлении преобладающих ветров [6].

Существенное влияние на подвижность песков оказывает состояние растительного покрова. Корневая система растений способствует закреплению песчаных частиц и препятствует их выдуванию ветром [9].

Антропогенные факторы также играют важную роль в активизации процессов перемещения песков. Нарушение почвенно-растительного покрова при строительстве железных дорог, прокладке коммуникаций, распашке земель и чрезмерном выпасе скота приводит к оголению песчаных поверхностей и усилению ветровой эрозии.

В районах прохождения железнодорожных линий подвижные пески могут накапливаться на земляном полотне, откосах насыпей и в водоотводных сооружениях, что приводит к снижению эксплуатационной надёжности железнодорожной инфраструктуры [10].

3. Методы закрепления подвижных песков

Для предотвращения песчаных заносов и стабилизации песчаных территорий применяются различные методы закрепления подвижных песков. В зависимости от применяемых технологий они подразделяются на инженерные и биологические [2–4].

Инженерные методы направлены на механическое или физико-химическое укрепление поверхности песчаных массивов. К механическим методам относятся установка щитовых ограждений, устройство решётчатых барьеров и укладка покрытий из соломы, камыша и других растительных материалов. Такие конструкции способны снижать скорость ветра у поверхности земли на 40–60 %.

Химические методы закрепления песков основаны на применении специальных связующих веществ, таких как битумные эмульсии и полимерные растворы. После нанесения на поверхность песчаной почвы эти вещества образуют защитную корку

толщиной 3–5 мм, которая препятствует выдуванию песчаных частиц и снижает подвижность песков на 70–90 % [3].

Биологические методы закрепления песков основаны на создании устойчивого растительного покрова. Для этого используются травянистые растения, кустарники и деревья, способные произрастать на песчаных почвах и устойчивые к засушливым условиям.

На практике наибольшую эффективность показывает комплексное применение инженерных и биологических методов закрепления песков [4].

4. Защитные лесные полосы в системе защиты железных дорог

Защитные лесные полосы являются одним из наиболее эффективных биологических средств защиты железнодорожной инфраструктуры от песчаных заносов [7,8]. Они формируют аэродинамический барьер, который снижает скорость ветра и способствует осаждению переносимых песчаных частиц.

При правильно сформированной защитной полосе скорость ветра может снижаться на 30–60 %, а интенсивность ветровой эрозии уменьшается в 2–4 раза.

Основные параметры защитных лесных полос представлены в табл. 1.

Таблица 1 — Основные параметры защитных лесных полос

Параметр	Значение
Ширина полосы	15–50 м
Количество рядов	5–10
Расстояние между рядами	2–4 м
Снижение скорости ветра	30–60 %
Зона защитного влияния	100–200 м

Для закрепления песков используются растения с хорошо развитой корневой системой. Основные виды растений приведены в табл. 2.

Таблица 2 — Основные растения для закрепления песков

Вид растения	Тип	Глубина корневой системы
Саксаул	дерево	6–10 м
Джужгун	кустарник	4–6 м
Тамарикс	кустарник	3–5 м
Акация песчаная	дерево	3–6 м

После формирования устойчивых насаждений интенсивность перемещения песков может снижаться на 60–80 % [8].

5. Сравнительный анализ методов закрепления песков

Эффективность различных методов закрепления песков зависит от природных условий территории, интенсивности ветровых процессов и особенностей песчаных массивов.

Сравнительная характеристика методов закрепления песков представлена в табл. 3.

Таблица 3 — Сравнительная эффективность методов закрепления песков

Метод	Снижение дефляции	Срок действия
Механический	40–60 %	3–5 лет
Химический	70–90 %	5–10 лет
Биологический	60–80 %	20–30 лет
Комплексный	до 90 %	более 30 лет

Как видно из табл. 3, наиболее эффективным является комплексное применение различных методов закрепления песков.

Использование инженерных методов на начальном этапе стабилизации песчаных поверхностей и последующее создание растительного покрова позволяет обеспечить долговременную устойчивость песчаных территорий [2, 5].

Выводы

1. Подвижные пески являются одним из наиболее значимых природных факторов, осложняющих эксплуатацию железных дорог в аридных регионах.

2. Наиболее эффективным способом борьбы с песчаными заносами является комплексное применение инженерных и биологических методов закрепления песков.

3. Защитные лесные полосы способны снижать скорость ветра на 30–60 % и уменьшать интенсивность ветровой эрозии до 80 %, что существенно повышает устойчивость железнодорожной инфраструктуры.

4. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются совершенствование технологий закрепления песков, разработка экологически безопасных закрепляющих материалов и применение геоинформационных технологий для мониторинга процессов перемещения песчаных масс.

Список литературы:

1. Шахунянц Г. М. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
2. Лесов К. С., Таджибаев Ш. А., Кенжалиев М. К. Технология укрепления откосов земляного полотна железных дорог из песчаных грунтов с применением геосинтетических материалов // Проблемы архитектуры и строительства. – 2019. – № 3. – С. 52–56.
3. Лесов К. С., Кенжалиев М. К., Таджибаев Ш. А. Determination of the stability of the embankment of the earth bed of railways erected from fine sands // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2021. – Т. 11. – № 11. – С. 142–147.
4. Лесов К. С., Мавланов А. Х., Таджибаев Ш. А. Применение геосинтетических материалов для укрепления земляного полотна железных дорог. – Ташкент: Ташкентский государственный транспортный университет, 2021. – 128 с.
5. Lesov K., Sarsenbayev B., Kenjaliyev M., Begmatov N., Uralov A. Engineering protection of the subgrade from sand drifts using geomaterials, as exemplified by the

- Bukhara-Miskin railway line. *Vibroengineering Procedia*, 2025, Vol. 60, pp. 522–526.
<https://doi.org/10.21595/vp.2025.25323>.
6. Демьяненко А.Ф. О критической скорости ветра при развеивании песка. Межвуз. сборник научных трудов "Научные решения актуальных задач транспорта". Вып.874.-М.: МИИТ. 1993. -С. 12-20.
 7. Кириллов С. Н., Матвеева А. А. Применение защитных лесных насаждений вдоль железных дорог для повышения устойчивости экотехнических систем // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. 2011. Т. 13. № 5–2. С. 188–190.
 8. Уразова А. Ф., Нагимов З. Я. Современное состояние защитных лесных насаждений вдоль Свердловской железной дороги // Успехи современного естествознания. 2021. № 1. С. 26–31.
 9. Методические рекомендации по закреплению подвижных песков и фитомелиорации аридных территорий. – Рим: FAO, 2020. – 96 с.
 10. СП 116.13330.2012. Инженерная защита территорий и сооружений от опасных геологических процессов. – М.: Минрегион России, 2012. – 96 с.