

# Строительство автомобильных дорог на болотах

Болотом называется участок суши, характеризующийся избытком влаги на поверхности или в верхних слоях грунтовой толщи и наличием специфических болотных отложений (болотных грунтов). При наличии слоя торфяных отложений болото называется торфяником, или торфяным болотом.

В пределах геологического разреза болота различают растительно-корневой слой, слабую толщу и дно болота.

Слабая толща включает пласты слабых болотных грунтов, иногда переслаивающихся наносами более прочных грунтов. Слабая толща может включать в себя горизонты с остатками пней, а также слои жидких образований.

Конструкция земляного полотна на болоте выбирается в зависимости от типа болота, а также с учетом категории дороги, типа дорожной одежды и условий строительства. Выбор осуществляют на основе технико-экономического сравнения вариантов конструктивных решений. При этом в качестве генеральных конкурирующих вариантов рассматривают два принципиальных решения: удаление болотных грунтов из основания насыпи; использование слабой толщи в качестве основания с применением тех или иных конструктивно-технологических способов, обеспечивающих эту возможность.

Принято выделять три основных типа болот.

Первый тип представляют болота, сплошь заполненные торфом. Второй тип — болота, включающие слой торфа, подстилаемыми слоем сапропеля или ила. Третий тип — болота с торфяным слоем, плавающим на поверхности воды.

Удаление болотных грунтов может осуществляться механическими средствами, гидромеханизацией, взрывным способом, а также путем отжатия (выдавливания) болотных грунтов под действием массы отсыпаемой насыпи. Применяют и комбинированные способы.

Удаление слабых грунтов снимает ряд проблем, однако оно сопряжено с большими объемами земляных работ и, кроме того, имеет технологические ограничения (например, удаление болотных грунтов механическими средствами практически осуществимо при глубине болот не более 4...5 м).

Использование слабых болотных грунтов в качестве основания насыпи резко снижает объемы земляных работ и, как правило, стоимость строительства, поэтому данный вариант должен всегда рассматриваться как основной из конкурирующих. Однако его осуществление требует выполнения дополнительных требований к земляному полотну:

- боковое выдавливание слабого грунта в основании насыпи в период эксплуатации должно быть исключено;
- интенсивная часть осадки основания должна завершиться до устройства покрытия (исключение допускается при применении сборных покрытий в условиях двухстадийного строительства);
- амплитуды упругих колебаний насыпей на торфяных основаниях при движении транспортных средств не должны превышать значений, допустимых для данного типа дорожной одежды.

При этом за завершение интенсивной части осадки принимается достижение 90% консолидации основания, или интенсивности осадки, не более 2 см/год при капитальных одеждах, и соответственно 80%, или 5 см/год, при облегченных одеждах.

Для обеспечения указанных дополнительных требований в настоящее время существует целый набор различных конструктивных и технологических решений.

# Строительная классификация болот

Следует различать три типа болот:

- I - заполненные болотными грунтами, прочность которых в природном состоянии обеспечивает возможность возведения насыпи высотой до 3 м без возникновения процесса бокового выдавливания слабого грунта;
- II - содержащие в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который может выдавливаться при некоторой интенсивности возведения насыпи высотой до 3 м, но не выдавливается при меньшей интенсивности возведения насыпи;
- III - содержание в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который при возведении насыпи высотой до 3 м выдавливается независимо от интенсивности возведения насыпи.

# Возведение насыпей с полным или частичным выторфовыванием

Удаление торфа с помощью машин, взрывным способом или с применением гидромеханизации обычно называют выторфовыванием.

Выторфовывание возможно только на болотах I и II типа. До начала основных работ на болотах, так же как и на других участках, выполняют подготовительные работы, которые состоят из расчистки дорожной полосы от леса, осушительных работ и устройства подъездов для движения транспортных средств.

Несущая способность болотных грунтов очень низкая (14...18 кПа), поэтому для таких условий применяют машины специальной болотной модификации, давление которых на грунт составляет около 25 кПа, что также часто превышает допустимую нагрузку.

Для улучшения условий работы проводят осушение болот путем строительства канав. Несущая способность осушенных болот равна приблизительно 30 кПа, что уже достаточно для прохода специальных машин, однако при длительной работе машин с одной стоянки такая прочность болотного грунта все же мала.

- Подготовительные работы часто выполняют в зимний период, когда

Подготовительные работы часто выполняют в зимний период, когда при достаточной глубине промерзания можно применять обычные машины. При строительстве подъездных дорог на участках слабых грунтов применяют деревянные колеиные покрытия или покрытия из элементов сборного железобетона.

В последние годы начали применять конструкции временных дорог в виде тонкослойного (40...80 см) насыпного песчаного или гравийного слоя с геотекстильной прослойкой в основании, сборных резиновых плит и др.

## **Выторфовывание машинами**

Для удаления торфа применяют бульдозеры или экскаваторы. При неглубоких осушенных болотах (до 1 м) или при естественном невысоком уровне воды над минеральным дном выторфовывание производят бульдозером путем послойной разработки торфа перпендикулярно или под углом к оси дороги. Отвалы торфа располагают по краям выработки. На мелких болотах выторфовывание производится на полную глубину.

Отсыпку насыпи на подготовленном участке делают при послойной укладке и уплотнении грунта. Для отсыпки нижней части насыпей на болотах допускают только дренирующие

грунты: песчаные крупные или средней крупности, крупнообломочные или скальные, а также супеси — легкие крупные с содержанием глинистых частиц не более 6%.

Толщина дренирующего слоя должна быть на 0,5 м больше общей глубины выторфовывания и осадки основания.

Выторфовывание бульдозером экономичнее, чем экскаватором, и его применяют всегда при наличии необходимых условий.

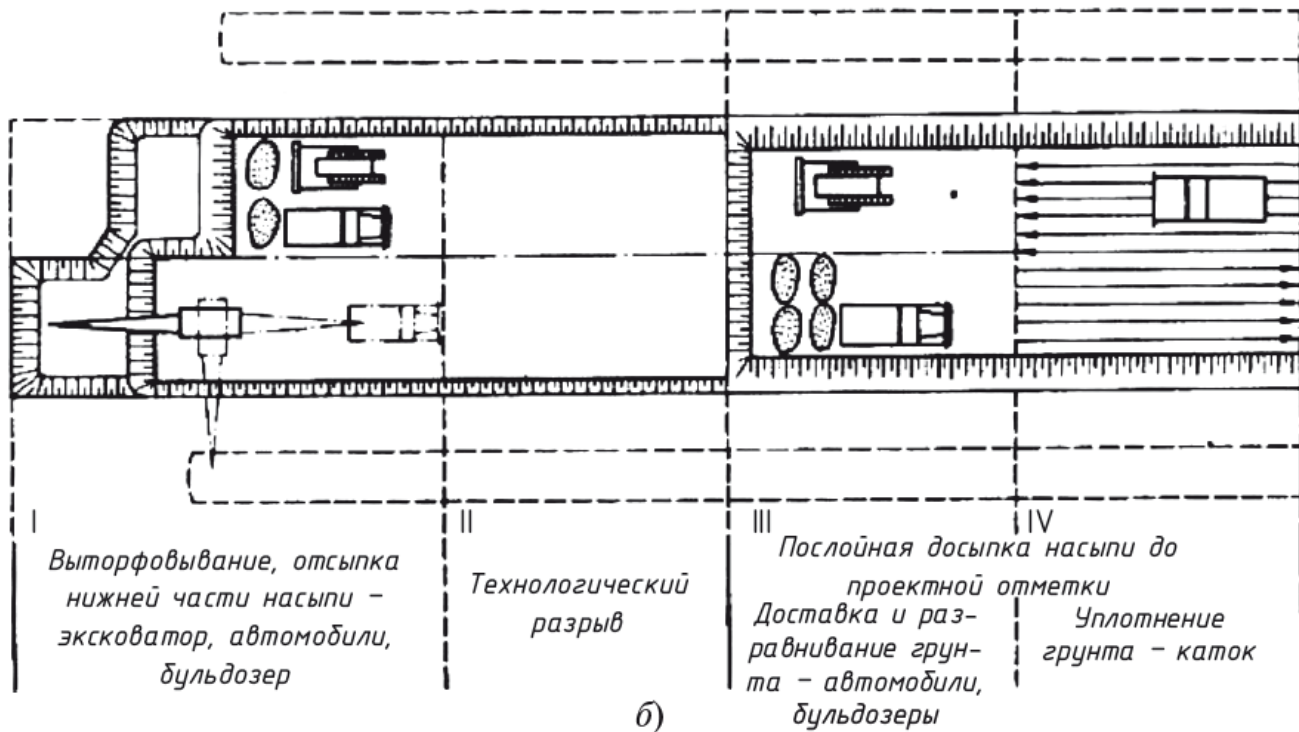
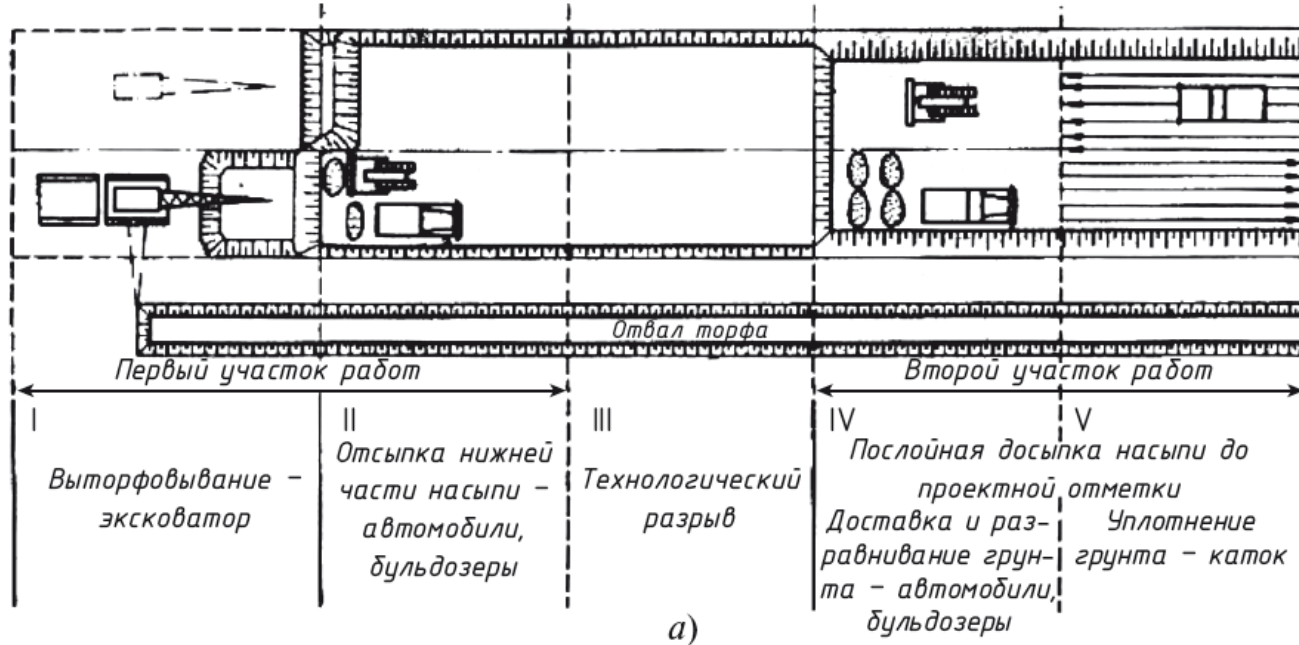
При отсутствии таких условий выторфовывание производят экскаватором-драглайном, при этом возможны два способа разработки:

- при первом экскаватор перемещается непосредственно по поверхности болота или по переносным щитам и работает «на себя»;
- при втором экскаватор перемещается по отсыпаемой насыпи и работает «от себя».

Отсыпку насыпи вначале ведут способом «с головы» до уровня, превышающего отметку поверхности болота на 50...60 см. Дальнейшую отсыпку насыпи до проектной высоты производят послойным способом.

Для уплотнения нижней части насыпи применяют метод временной пригрузки, механическое уплотнение трамбуемыми плитами и глубинное виброуплотнение. Грунт верхней части насыпи уплотняют обычным способом.





# Выторфовывание взрывным способом

Взрывные работы на болотах эффективны, и их применяют во всех случаях, когда позволяют условия обеспечения безопасности и экономические показатели.

Взрывами можно производить полное и частичное удаление торфа, рыхление торфа (разрушение структуры), устройство торфоприемников, канав, выравнивание минерального дна или устройство упорных канав при значительном уклоне дна болота для предотвращения скольжения насыпи.

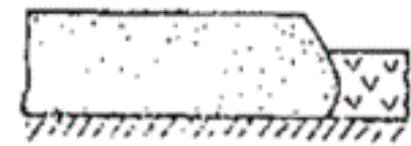
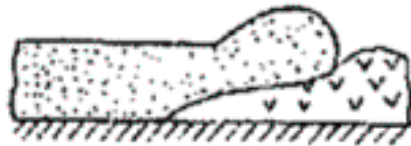
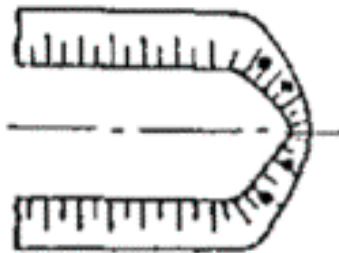
На болотах I типа обычно ведут разработку торфа на выброс с расчетом получения полного профиля до дна болота. Однако более экономично удаление верхней части торфа и разрушение структуры оставшегося торфа в нижней части.

При полном выторфовывании на болотах I типа заряды заглубляют на всю толщину торфа, на болотах II типа - на глубину 0,7...0,8 толщины слоя, предназначенного к выбросу, а нижний слой (сапрпель) отжимается массой грунта при отсыпке насыпи.

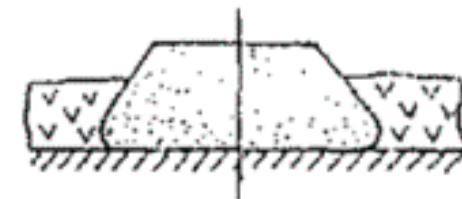
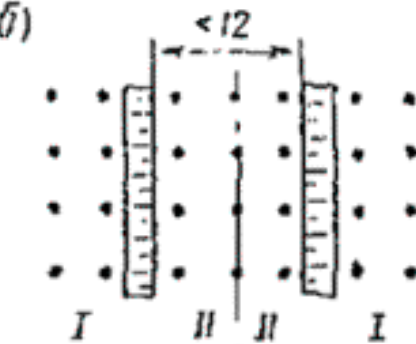
Удлиненные заряды размещают в наклонных скважинах через 2,0...2,5 м. После взрыва образуется траншея шириной 2...3 м, которую немедленно заполняют грунтом сооружаемой насыпи. Грунт доставляют автомобилями и сдвигают в траншее бульдозером.

# Применение взрывного метода

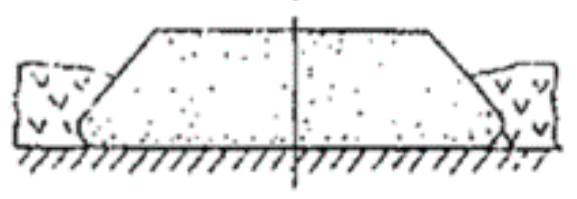
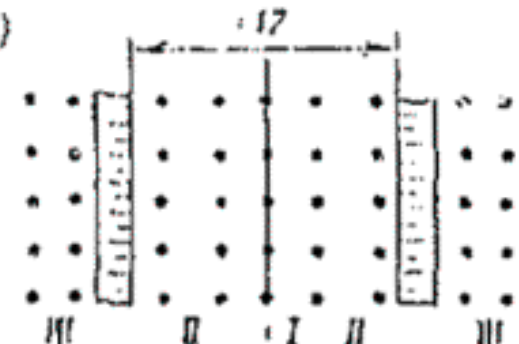
а)



б)



в)



# Выторфовывание способом гидромеханизации

Этот способ эффективен при сооружении земляного полотна при определенных условиях: при достаточно больших объемах работ, сосредоточенных на небольшом участке дороги; наличии достаточного объема воды и дешевой электроэнергии. При возведении земляного полотна на участках болот такие благоприятные условия встречаются сравнительно редко, однако, если они имеются, применение гидромеханизации весьма эффективно.

Сущность работ состоит в размыве торфа мощной струей воды, в результате чего образуется рыхлая жидкая масса, которая легко отжимается грунтом возводимой насыпи.

На болотах I типа торф размывают гидромонитором, гидросмесь перекачивают передвижными землесосными установками в отвал. Образовавшуюся траншею заполняют грунтом насыпи при отсыпке её с «головы» или комбинированным способом.

На болотах II и III типа производят только размыв верхнего сплавинного слоя торфа гидромониторами. Разжиженный торф не удаляют, а отжимают грунтом насыпи в боковые прорези, сделанные также гидромонитором.

Отсыпку грунта насыпи производят с помощью машин или также способом гидромеханизации. Грунт для насыпи получают путем размыва гидромонитором в карьере или добычей со дна водоема землесосной установкой. Намыв осуществляют безэстакадным способом путем укладки трубопровода непосредственно на поверхность намываемой насыпи.

# Удаление болотных отложений путем их отжатия массой насыпи

Этот способ применяют главным образом на болотах III строительного типа. Массой насыпи в процессе ее сооружения вытесняют болотный грунт, и она опускается на дно. При применении этого способа необходимы специальные меры, обеспечивающие беспрепятственное и равномерное опускание насыпи на основание.

При очень прочном слое сплавины, не поддающейся рыхлению, ее прорезают за пределами подошвы насыпи, допуская выжимание только нижних слоев, а верхний сплавинный слой опускается вместе с насыпью на дно и остается там. Прорезы сплавины одновременно выполняют и функции торфоприемников, облегчая выдавливание нижних слоев болота. Прорезы-торфоприемники устраивают на расстоянии 3...4 м от подошвы насыпи с помощью взрывов или экскаваторов.

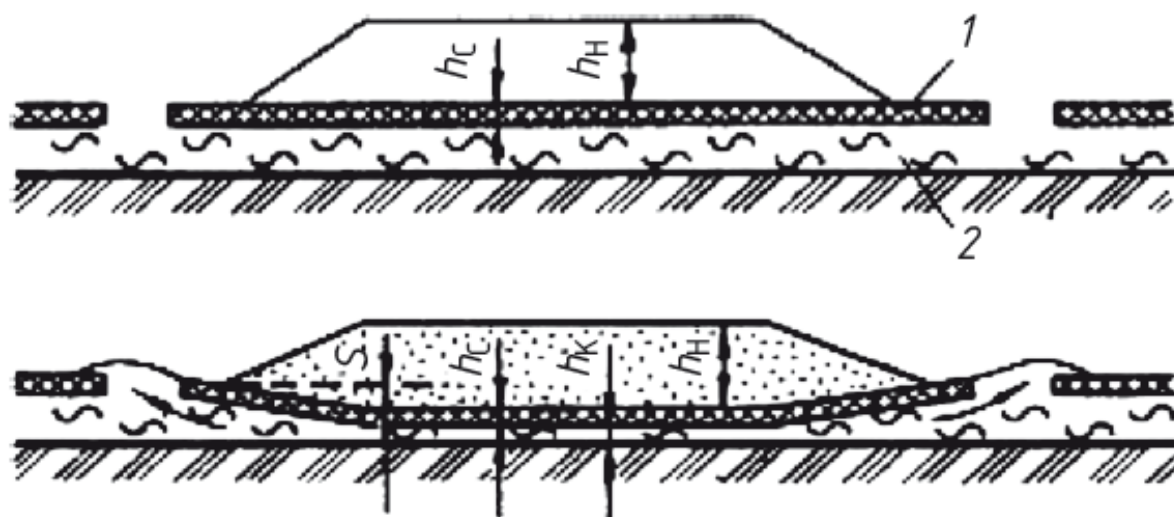


Схема посадки насыпи с подготовкой прорезей-торфоприемников:

$h_n$  — толщина насыпи;  $h_c$  — толщина уплотненного слоя болотной массы, оставшейся под насыпью;  $h_k$  — толщина сплавины;  $S$  — осадка насыпи вследствие выдавливания и уплотнения основания; 1 — замороженный слой болотной массы; 2 — талый слой болотной массы

# **Возведение насыпей без выторфовывания**

Как следует из изложенного ранее, полное и частичное выторфовывание является сложным и дорогостоящим мероприятием, что служит предпосылкой для постоянного поиска альтернативных - более простых и дешевых методов.

Сущность их состоит в том, чтобы в зависимости от строительного типа болот предпринимать меры, направленные на повышение устойчивости основания насыпи, ускорение его осадки или повышение динамической устойчивости насыпи.

## **Метод временной пригрузки**

Такой технологический прием обеспечивает ускорение осадки основания насыпи. Он заключается в том, что насыпь возводится на проектную ширину, но временно большей высоты на толщину слоя временной пригрузки. Последняя рассчитывается исходя из условия, чтобы проектная осадка основания насыпи, установленная для насыпи проектной высоты, была бы достигнута насыпью увеличенной высоты к заданному моменту времени. Когда осадка насыпи достигнет проектного значения, слой временной пригрузки должен быть удален, благодаря чему получают практически безосадочное основание.

При применении такого метода необходимо следить за тем, чтобы нагрузка от возводимой насыпи с учетом пригрузки не превышала безопасной по условию выдавливания слабого грунта. При необходимости для соблюдения указанного условия способ временной пригрузки комбинируют со способом предварительной консолидации.

При использовании этого метода (так же как и всех способов, связанных с использованием слабой толщи в качестве основания) необходимо контролировать отсыпку насыпи не только по высотным отметкам, но и по толщине насыпного слоя.

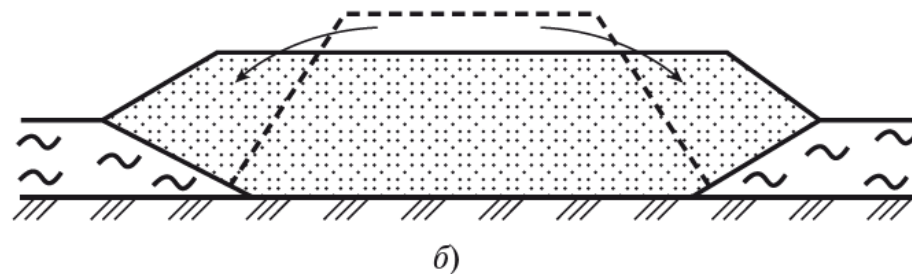
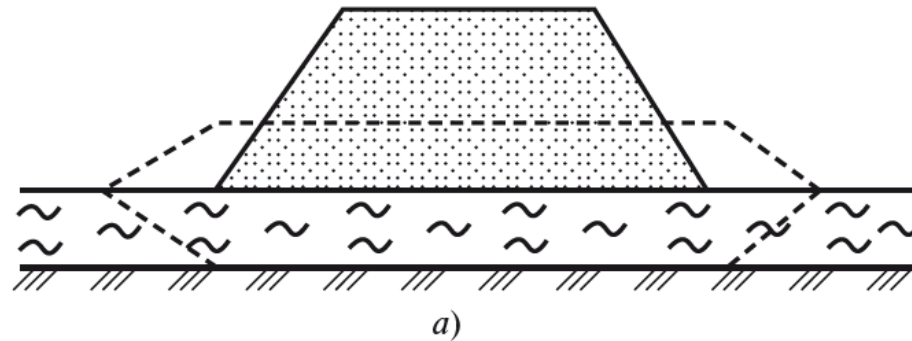


Схема посадки насыпи на дно болота по методу перегрузки:  
*a* — первоначальный поперечный профиль насыпи; *b* — поперечный профиль насыпи после осадки и доработки ее до проектной отметки



# Устройство вертикальных дрен

Вертикальные дрены устраивают с целью облегчения отжатия поровой воды из сжимаемого слоя водонасыщенного слабого грунта. Вертикальные дрены сооружают в виде скважин, заполненных песком или иным фильтрующим материалом. Разновидностью вертикальных дрен являются продольные разрезы, заполненные песком. Вертикальное дренирование целесообразно сочетать с методом временной пригрузки.

