



Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Новосибирский
Государственный Архитектурно-Строительный Университет (Сибстрин)

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОТКОСОВ И СКЛОНОВ

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Список используемой литературы

1. СП 34.13330-2012 Автомобильные дороги.
Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. М.: 2013.
2. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты
(уч. для вузов). — М.: Стройиздат, 1981. — 319 с.
3. Аллас Э.Э., Мещеряков А.Н. Укрепление оснований
гидротехнических сооружений. — М. — Л.: Энергия,
1966. — 115 с.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Каменно-земляная плотина - сооружение из каменной отсыпки с противofильтрационными устройствами в виде грунтового экрана или ядра. В качестве противofильтрационных устройств используют маловодопроницаемые грунты – глины, глинобетон, торф, а также асфальтобетон и полимерные пленки

Напорный фронт - совокупность водоподпорных сооружений, воспринимающих напор

«Вялая мерзлота»- мерзлые грунты, температура которых от 0 до +2°C

Нормальный подпорный уровень (НПУ) - наивысший подпорный уровень, который может поддерживаться в нормальных условиях эксплуатации подпорного сооружения.

Левобережная каменно-земляная плотина -(ЛКЗП)

Правобережная каменно-земляная плотина-(ПКЗП)

Суффозия грунта- процесс постепенного вымывания пылеватых, мелкопесчаных, а иногда и глинистых частиц из водоносного горизонта или подстилающего его относительно водоупорного слоя.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИД

Некоторые термины и определения
Цементационная завеса - один из видов противofильтрационных устройств; — вертикальная или наклонная малопроницаемая для фильтрационного потока воды преграда, устраиваемая в грунте основания подпорного гидротехнического сооружения и в береговых его примыканиях физико-химическими или специальными строительными способами.

Уровень верхнего бьефа (УВБ) - бьеф с верхней стороны водоподпорного сооружения.

Седиментация (осаждение) — оседание частиц дисперсной фазы в жидкости или газе под действием гравитационного поля или центробежных сил.

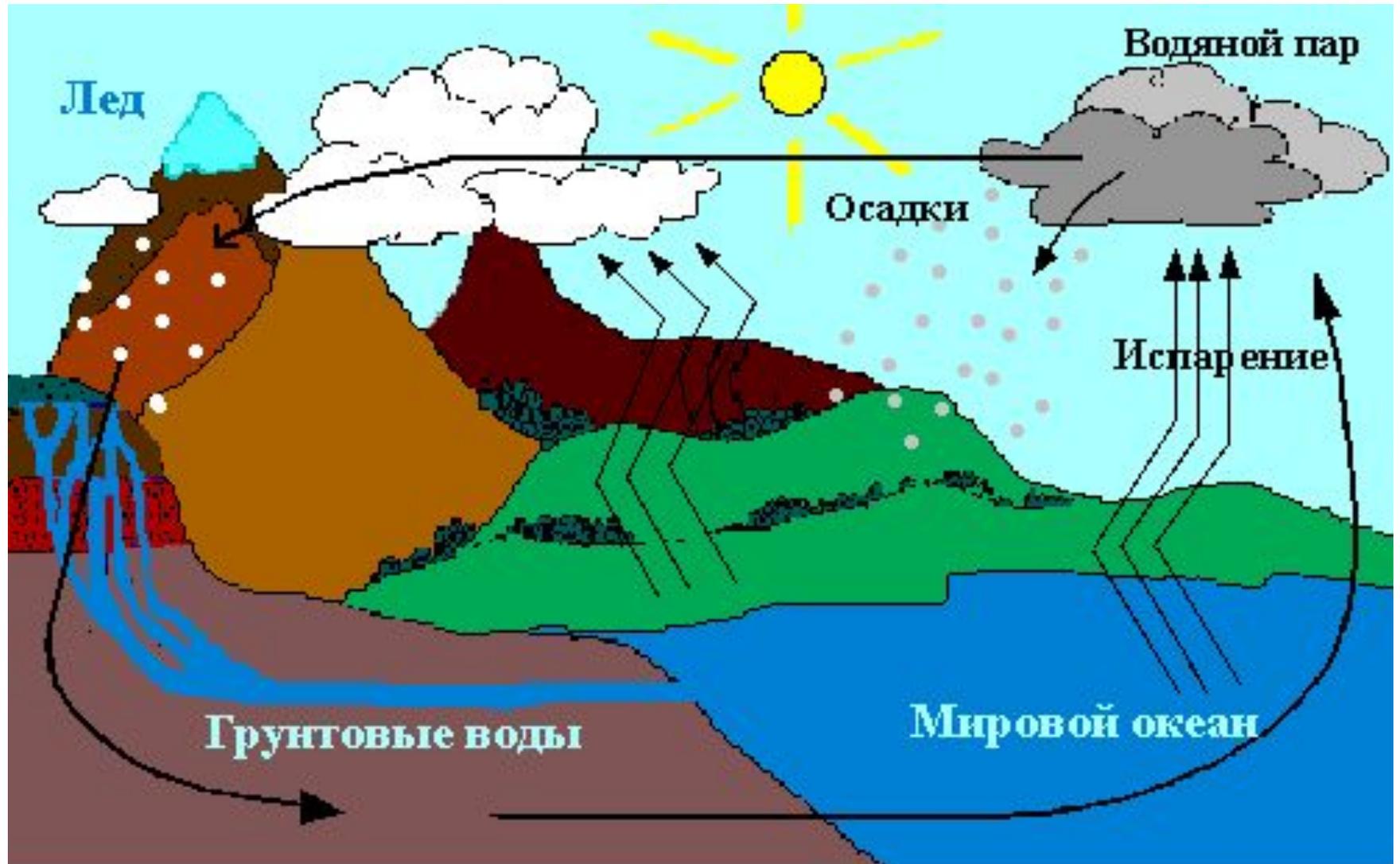
Керн - образец горной породы, извлеченный из скважины посредством специально предназначенного для этого вида бурения.

Цементационная штольня - подземная горная выработка, имеющая выход на поверхность, проведённая на местности со сложным рельефом горизонтально или с незначительным подъёмом. Штольни бывают разведочные и эксплуатационные (для разработки месторождения).

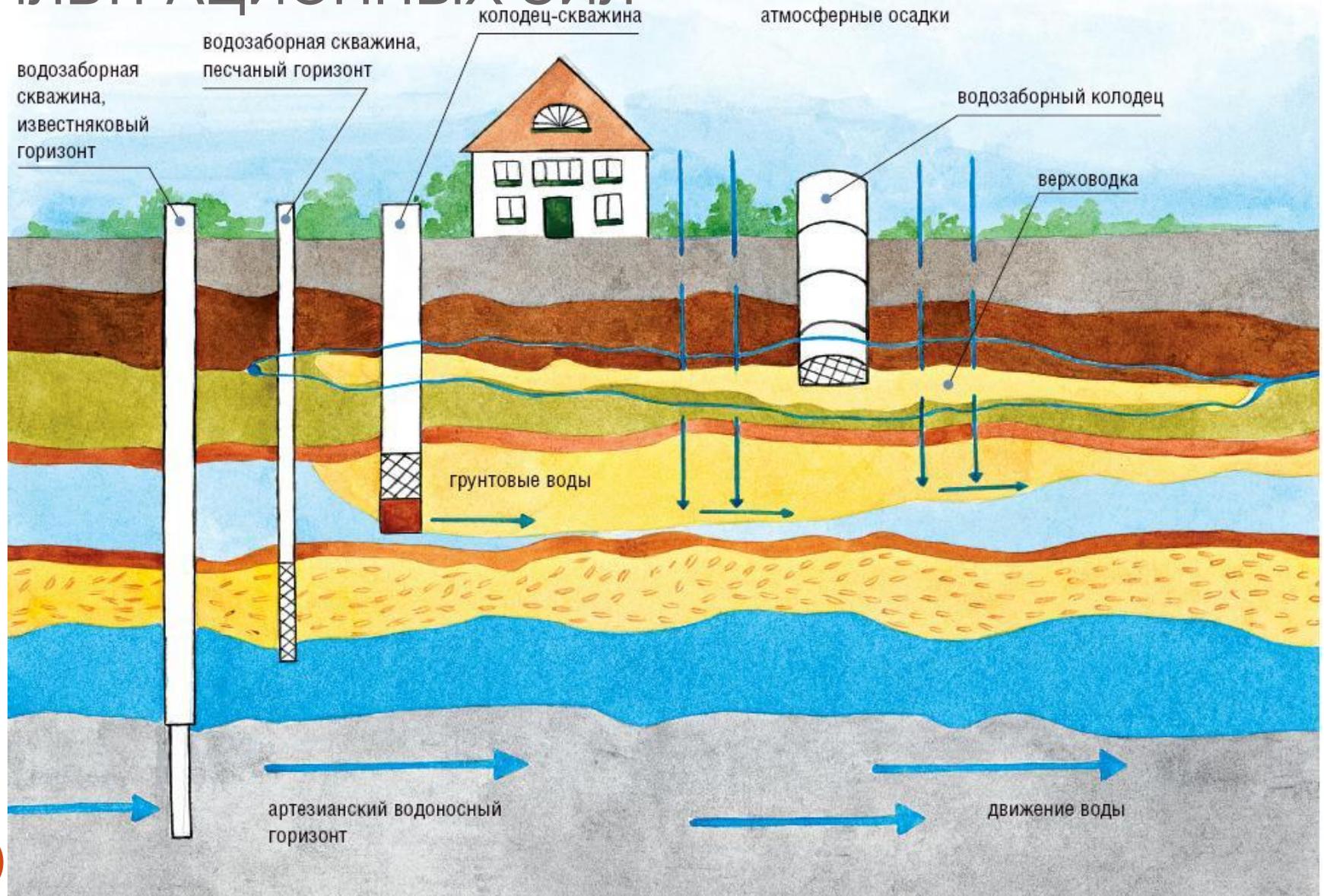
Шлам - отходы продукта, составляющие пылевые и мелочные его части, получаемые в виде осадка при промывке какого-либо рудного материала.

Буровой шлам - водная суспензия, твёрдая часть которой состоит из продуктов разрушения горных пород забоя и стенок скважины, продуктов истирания бурового снаряда и обсадных труб, глинистых минералов (при промывке глинистым раствором).

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

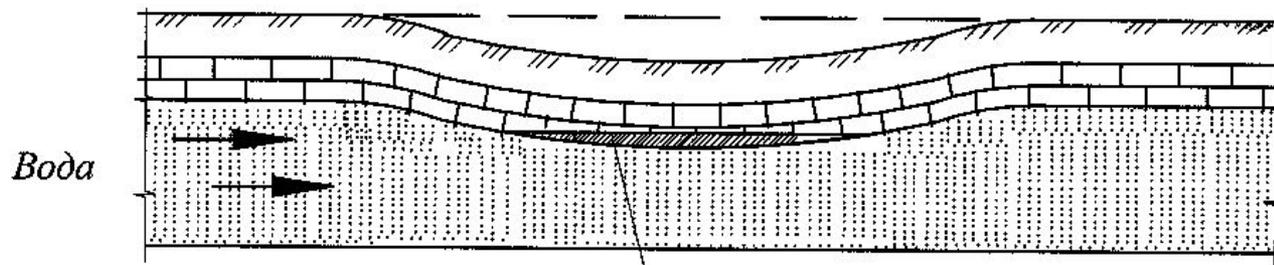


УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ



СВОЙСТВА ВОДЫ

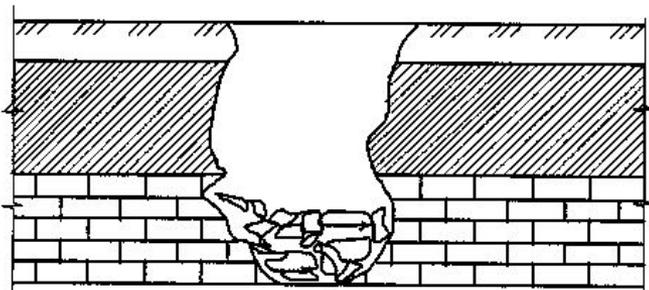
- Вода - жидкость.
- Прозрачная.
- Бесцветная.
- Не имеет запаха.
- Вода - растворитель.



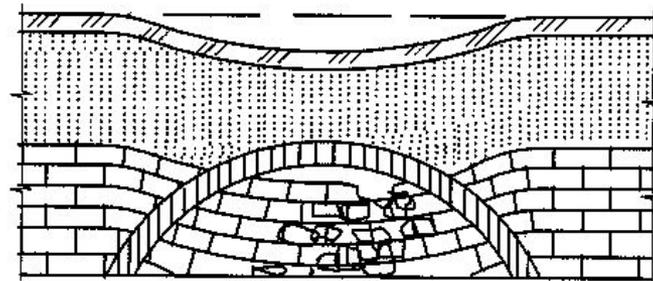
Вода

Полость размыва или деформация
погребённых грунтов

б



в



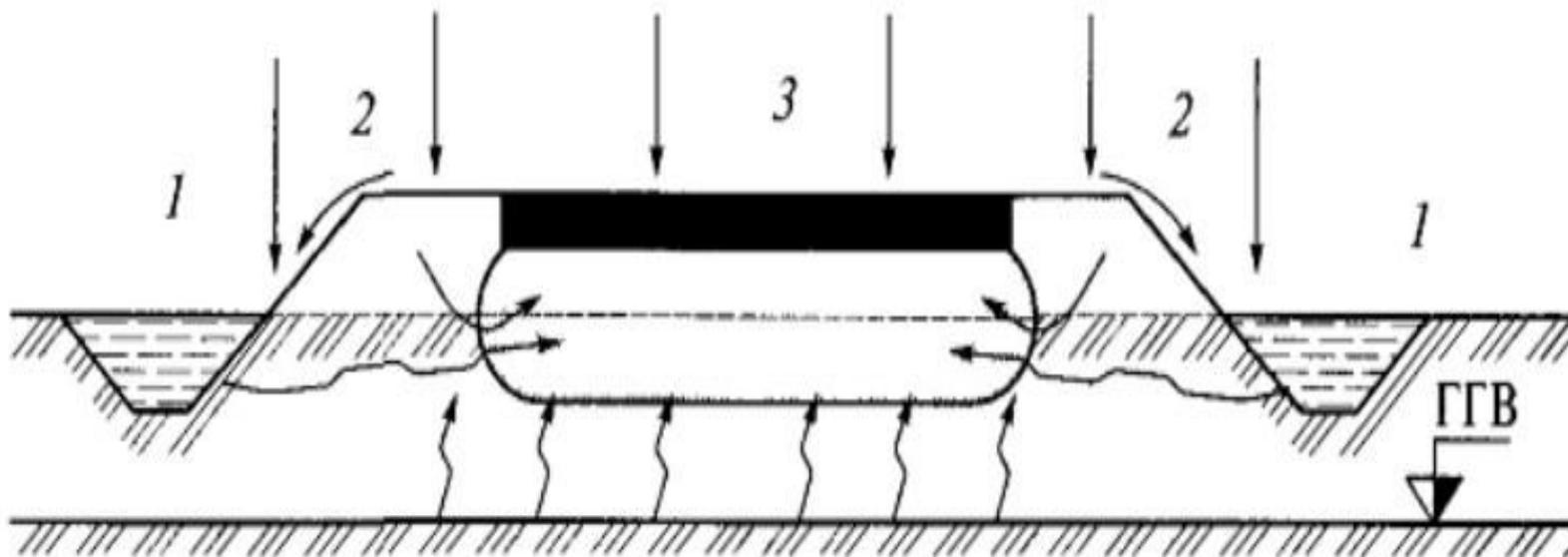
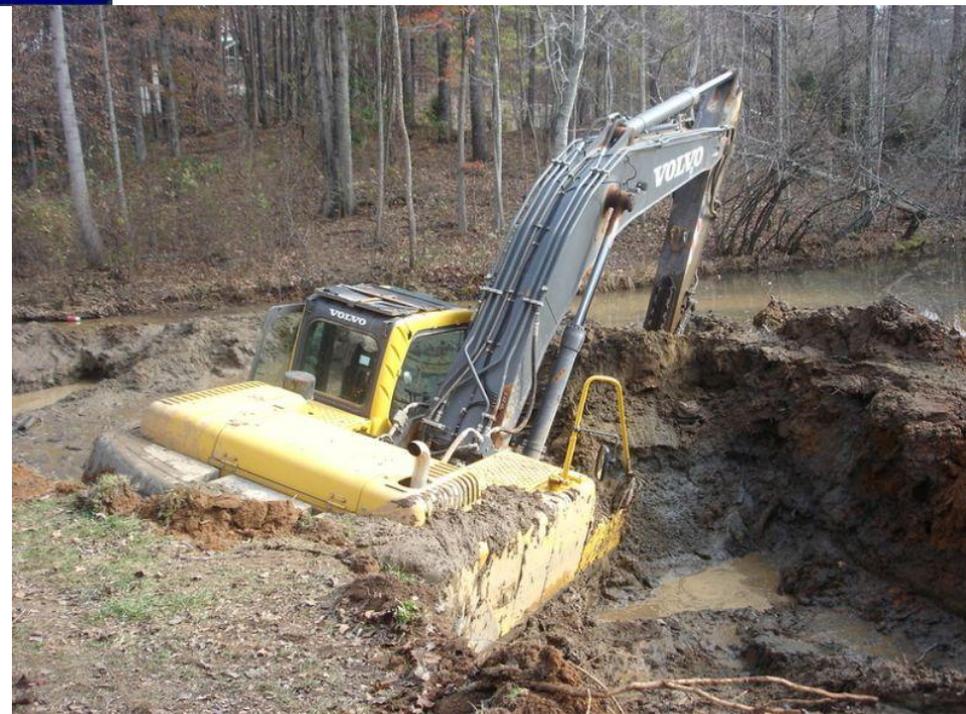


Рис. 1.12. Источники увлажнения земляного полотна:
1 подземная грунтовая вода; *2* вода в кюветах; *3* атмосферные осадки;
ГГВ горизонт грунтовых вод



wroom.ru



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Водопроницаемость грунтов. Закон фильтрации

Движение воды в грунтах называется фильтрацией, а способность грунта пропускать через поры свободную воду – водопроницаемостью. Она зависит от пористости грунта, его гранулометрического и минерального состава, а также от передающегося на воду давления, в том числе нагрузкой от сооружения. Знание водопроницаемости необходимо во всех расчетах объемов притока или откачки воды. Поскольку уплотнение грунта связано с отжатием из пор воды, то скорость уплотнения также зависит от водопроницаемости.

Хозяйственная деятельность при больших ее масштабах может приводить к существенному изменению гидрогеологических условий территории. Вследствие нарушения естественного динамического равновесия в водном балансе последней может произойти подтопление участков освоенных земель, поселков, городов. Возможно и обратное явление, когда исчезают большие водоемы–накопители в результате движения воды сквозь грунтовую толщу.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Изменение свойств грунтов в связи с их обводнением

Таблица 4.1 - Изменение основных физико-механических показателей суглинков (по данным 63 определений)

Наименование грунта	Природная влажность	Число пластичности	Плотность, т/м ³	Модуль деформации, МПа	Удельное сцепление, МПа	Угол внутреннего трения, град.
До начала строительства	0,16±0,03	0,12±0,01	1,62±0,04	4,1±3,1	0,41±0,04	26,2±3,1
После подтопления	0,25±0,02	0,15±0,02	1,76±0,03	3,6±1,8	0,24±0,03	24,7±2,6

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Изменение свойств грунтов в связи с их обводнением

При обводнении на застроенных территориях начинают проявляться просадочные свойства лессовых и набухание глинистых грунтов; повышается их коррозионная активность; происходит размокание и проявляются негативные свойства, которыми раньше данные грунты не обладали.

В процессе изысканий и проектирования важно дать прогноз изменения физико-механических свойств грунтов и их поведения в тех или иных условиях эксплуатации. Качество прогноза всегда зависит от исходных данных, поэтому изучению свойств грунтов при инженерно-геологических изысканиях инженер-строитель должен уделять особое внимание.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Источники увлажнения земляного полотна

Источниками увлажнения грунтов земляного полотна являются: выпадающая дождевая вода и вода от таяния снега, приток воды к земляному полотну с окружающей местности, капиллярное поднятие грунтовых вод при промерзании в осенний период, процесс конденсации водяных паров из воздуха и перемещение пленочной влаги внутри земляного полотна по поверхности грунтовых частиц (рис.).

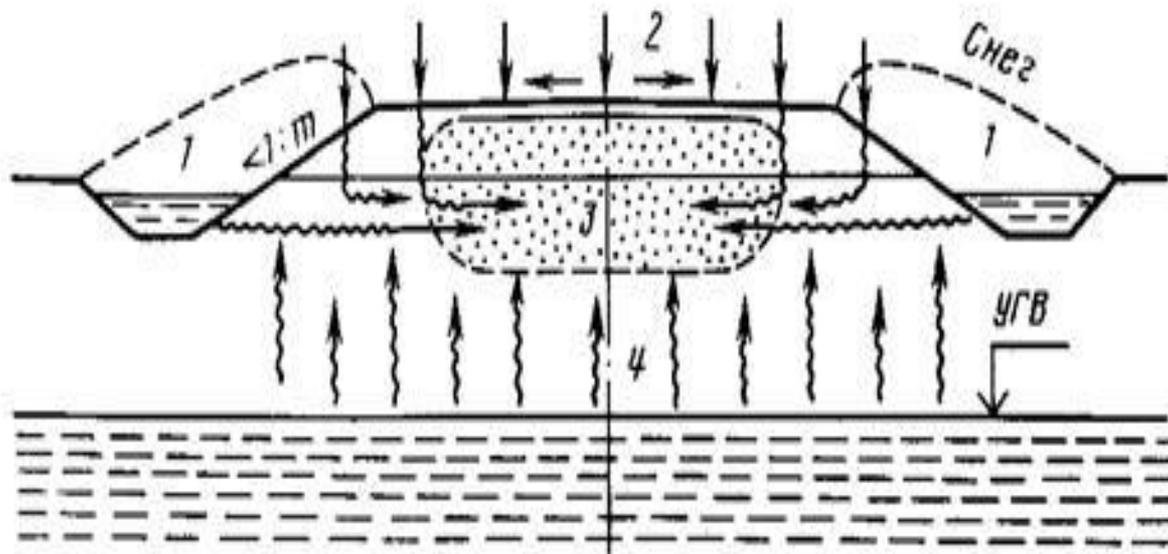


Рис. Источники увлажнения земляного полотна: 1 - длительно застаивающаяся поверхностная вода; 2 - атмосферные осадки; 3 - парообразная и пленочная вода; 4 - капиллярная вода

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

УЧЕТ В РАСЧЕТАХ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Во всех случаях, когда откос подвергнут силовому воздействию воды, необходим дополнительный учет этого воздействия в каждом применяемом методе расчета.

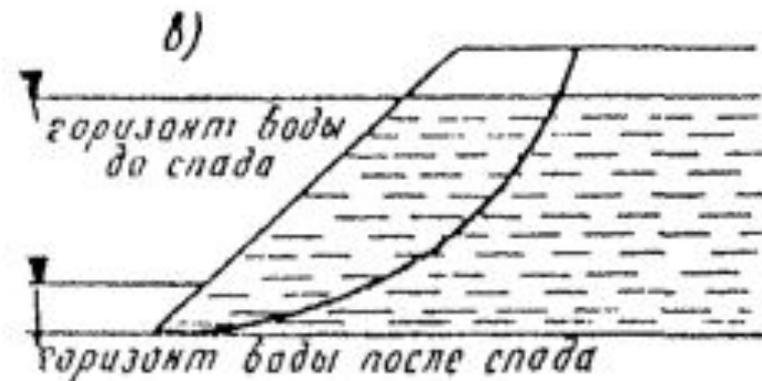
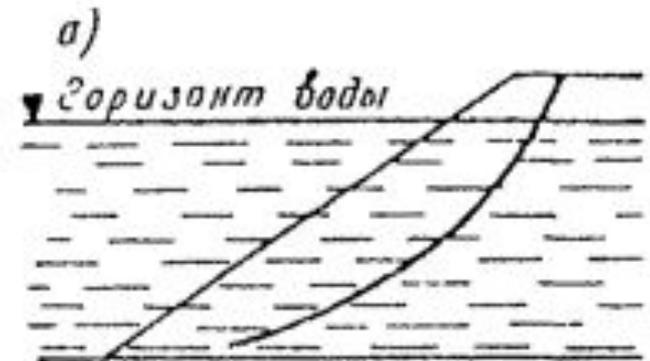
Силовое воздействие воды может быть в виде эффекта взвешивания, фильтрационного давления или того и другого вместе.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

УЧЕТ В РАСЧЕТАХ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ СИЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

При учете силового воздействия подземных вод могут иметь место 3 расчетные схемы:

- 1) откос полностью и постоянно затоплен, но движения воды не наблюдается (рис. 19, а);
- 2) наличие в откосе водоносных горизонтов (случай установившейся фильтрации, рис. 19, б);
- 3) мгновенный полный спад воды (рис. 19, в).



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

В первом случае силовое воздействие сводится к взвешиванию грунта откоса ниже уровня воды.

Расчет по **первой** схеме проводят путем определения всех сдвигающих и удерживающих сил с учетом взвешивания. Во всех случаях в пределах зоны обводнения значения φ и c устанавливаются с учетом обводнения грунта.

Коэффициент запаса устойчивости для метода *круглоцилиндрической поверхности скольжения* и метода Г.М. Шахунянца определяют по формуле

$$n = \frac{\sum P_e \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum c_i \cdot l_i}{\sum P_e \cdot \sin \alpha_i} .$$

При этом вес каждого расчетного блока необходимо определять с учетом **взвешивания**, о чем свидетельствует индекс «в».

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Во втором случае силовое воздействие сводится к проявлению, наряду со взвешиванием, фильтрационного давления, связанного с движением воды, фильтрующейся через откос.

Фильтрационные силы учитывают путем определения:

- сдвигающих сил без учета взвешивания;
- удерживающих - с учетом взвешивания.

Коэффициент запаса устойчивости по второй расчетной схеме вычисляют по формуле

$$n = \frac{\sum P_e \cdot \cos \alpha_q \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum c_i \cdot l_i}{\sum P_i \cdot \sin \alpha_q}$$

По этой схеме вес каждого расчетного блока в числителе формулы (44) определяют **с учетом взвешивания** (с учетом взвешивания определяют только удерживающие силы). При определении сдвигающих сил (знаменатель) **взвешивание учитывается лишь в зоне постоянного затопления откоса** (например, ниже горизонта воды в нижнем бьефе).

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

В третьем случае **силовой эффект связан с быстрым спадом внешнего уровня воды, вследствие чего резко увеличивается вес отсека обрушения.** Если в период спада воды отсутствует возможность дренирования грунта по поверхности скольжения, спад воды при расчетах следует считать мгновенным. Расчет необходимо вести согласно расчетной схеме, представленной на рис. 19, в.

При этой схеме:

- исключается эффект взвешивания при определении сдвигающих сил в пределах бывшей зоны обводнения;
- учитывается увеличение объемного веса части отсека обрушения, расположенного ниже бывшего горизонта подтопления;
- при определении **удерживающих сил учитывается эффект взвешивания;**
- за расчетный горизонт в отсеке обрушения принимается **горизонт подтопления до его мгновенного спада.**

Коэффициент запаса устойчивости определяют по формуле (44).

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

При проектировании земляного полотна устойчивость подтопленных откосов при наличии фильтрационного потока принято оценивать по формуле

$$n = \frac{\sum N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum c_i l_i + \sum T_{\text{ю}}}{\sum T_{\text{дв.}} + D},$$

где N и T - определяются с учетом взвешивающего действия воды в пределах зоны обводнения;

D - **гидродинамическая сила**, определяемая по выражению

$$D = J \cdot \Omega \cdot \Delta_e,$$

J - средний уклон отрезка кривой депрессии, отсекаемого кривой возможного смещения;

Ω - площадь фильтрационного потока, ограниченная сверху отрезком кривой депрессии и снизу кривой смещения;

Δ_e - удельный вес воды, принимаемый равным 1.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Фильтрационное давление при использовании в расчетах F_r и ψ учитывают, вводя в расчет *фиктивный* угол сопротивления сдвигу:

$$F_{pr} = \operatorname{tg} \varphi_e + \frac{c}{P};$$

$$\psi_{pr} = \operatorname{arctg} F_{pr}.$$

Фиктивный угол внутреннего трения вычисляют по формулам:

$$\varphi_e = \beta \cdot \varphi_w; \quad \beta = \frac{P_e}{P_i},$$

где P_e - вес грунта с учетом взвешивания в зоне обводнения;

P_i - вес грунта без учета взвешивания в зоне обводнения;

φ_w - угол внутреннего трения;

φ_e - фиктивный угол внутреннего трения.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Во всех случаях при расчетах обводненных откосов значения сдвиговых характеристик грунтов в зоне обводнения устанавливаются с учетом влияния увлажнения грунта. Размеры зоны обводнения принимаются наиболее неблагоприятными (для устойчивости) из реально возможных. Взвешивающее воздействие воды учитывается путем введения в расчет уменьшенной величины объемного веса грунта, расположенного ниже поверхности воды. Для несвязных грунтов объемный вес с учетом взвешивания равен

$$\gamma_w^{эзв} = (1 - n) (\gamma_o - 1) = \frac{\gamma_{ск}}{\gamma_o} (\gamma_o - 1),$$

где γ_o - удельный вес частиц грунта, г/см³;

n - пористость грунта, в долях единицы;

$\gamma_{ск}$ - объемный вес скелета грунта, г/см³.

Для суглинков и глин объемный вес с учетом взвешивания определяется по формуле

$$\gamma_w^{эзв} = \gamma_w - 1,$$

где γ_w - объемный вес влажного грунта без учета взвешивания.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО В РАЙОНАХ ИСКУССТВЕННОГО ОРОШЕНИЯ

На орошаемых территориях земляное полотно следует проектировать с учетом неблагоприятного водного режима, возникающего вследствие:

- общего повышения уровня грунтовых вод при поливе и промывке грунтов;
- местного повышения уровня грунтовых вод при размещении дороги рядом с сооружениями оросительной и водосборно-сбросной сетей;
- затопления резервов, водоотводных нагорных канав и кюветов промывными и поливными водами.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО В РАЙОНАХ ИСКУССТВЕННОГО ОРОШЕНИЯ

В районах искусственного орошения земляное полотно следует проектировать, как правило, насыпями с использованием поперечных профилей рис. 35. Высоту насыпей необходимо определять с учетом предохранения верхней части земляного полотна от увлажнения грунтовыми и поверхностными водами в зависимости от вида используемого грунта, степени его засоления и условий водоотвода.

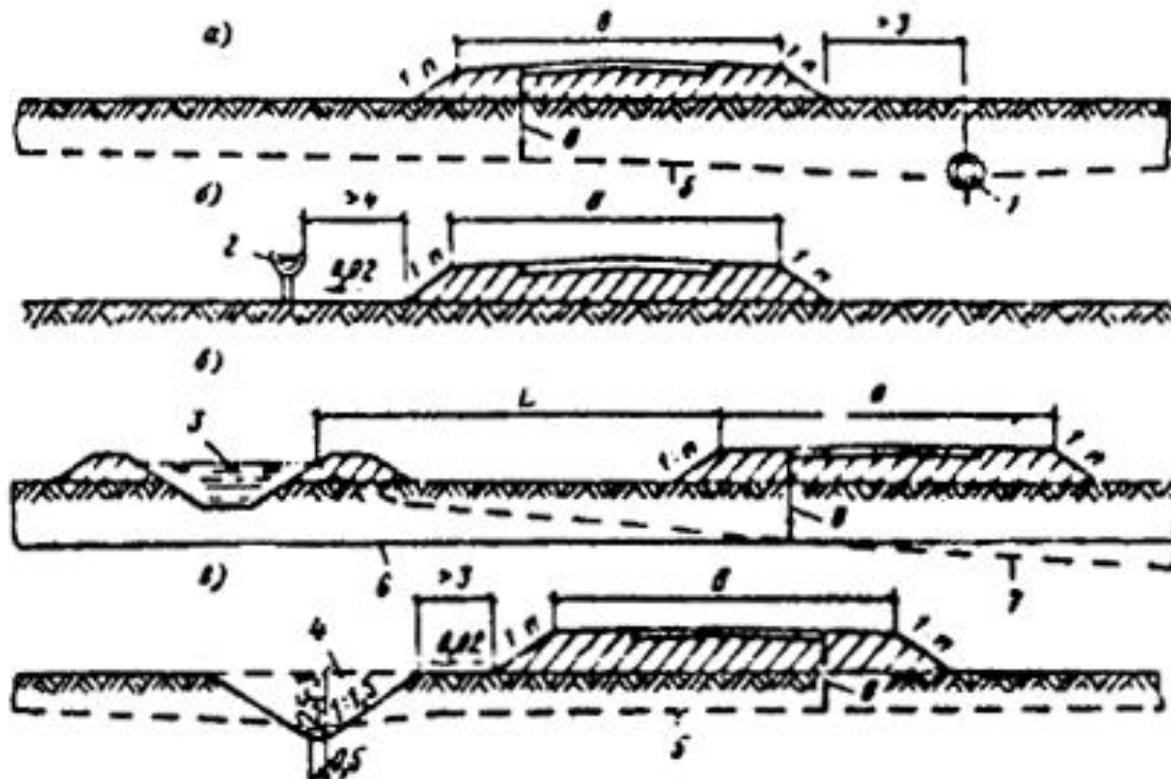


Рис. 35. Поперечные профили насыпей вблизи ирригационных сооружений

а — насыпь, размещаемая вдоль закрытых трубчатых дрен или коллекторов; б — то же, вдоль каналов из ж/б лотков, в — то же, вдоль каналов за пределами влияния фильтрационного максимума уровня грунтовых вод (УГВ); г — то же, вдоль открытых коллекторов; 1 — трубчатая дрена или коллектор; 2 — лоток; 3 — расчетный уровень воды в канале; 4 — коллектор; 5 — УГВ, пониженный дренай или коллектором; 6 — естественный максимум УГВ; 7 — фильтрационный максимум УГВ; 8 — расчетное возвышение низа дорожной одежды над УГВ; L — расстояние, назначаемое по расчету

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО В РАЙОНАХ ИСКУССТВЕННОГО ОРОШЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Земляное полотно дорог на **расстоянии менее 60 м от магистральных и распределительных каналов** и других сооружений ирригационной сети, необходимо проектировать с учетом рельефа местности, конструкции канала и расхода в нем воды, условий отвода поверхностной воды от дороги, наличия и расположения подъездных дорог к населенным пунктам, необходимости устройства водопропускных сооружений, возможности увеличения высоты насыпи при приближении дороги к каналу, условий эксплуатации дороги и канала, возможности сельскохозяйственного использования земли между каналом и дорогой.

Расстояние между бровками канала водосборно-сбросной сети и резерва или водоотводной канавы следует принимать **не менее 4,5 м**; использование кюветов, нагорных и водоотводных канав в качестве распределителей не допускается.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

● **СПОСОБЫ ЦЕЛЮСОУСЛОВНОГО ОБОДНЕНИЯ И ОСНОВАНИЯ** от замачивания

Для предохранения земляного полотна от увлажнения поверхностными и грунтовыми водами и обеспечения его устойчивости и прочности предусматривают:

- поперечный уклон от оси дороги – проезжей части, обочин и откосов земляного полотна для обеспечения быстрого стока дождевой воды;
- устройство боковых водоотводных и нагорных канав для отвода воды от дороги;
- поднятие конструкции земляного полотна и дорожной одежды над уровнем поверхностных и грунтовых вод;
- устройство изолирующих прослоек в верхней части земляного полотна для предохранения дорожной одежды от увлажнения ее грунтовыми водами;
- устройство дренажей для отвода или понижения уровня грунтовой воды.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

● Способы предохранения оснований от замачивания:

- 1) *Противофильтрационные завесы (цементация, силикатизация, смолизация)*
- 2) *Конструкции «стен в грунте» из плоских элементов или комбинаций БНС (буронабивных свай) и ГЦС (грунтоцементных свай)*
- 3) *Дренаж*
- 4) *Регулирование водного режима земполотна с помощью изолирующих прослоек*

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

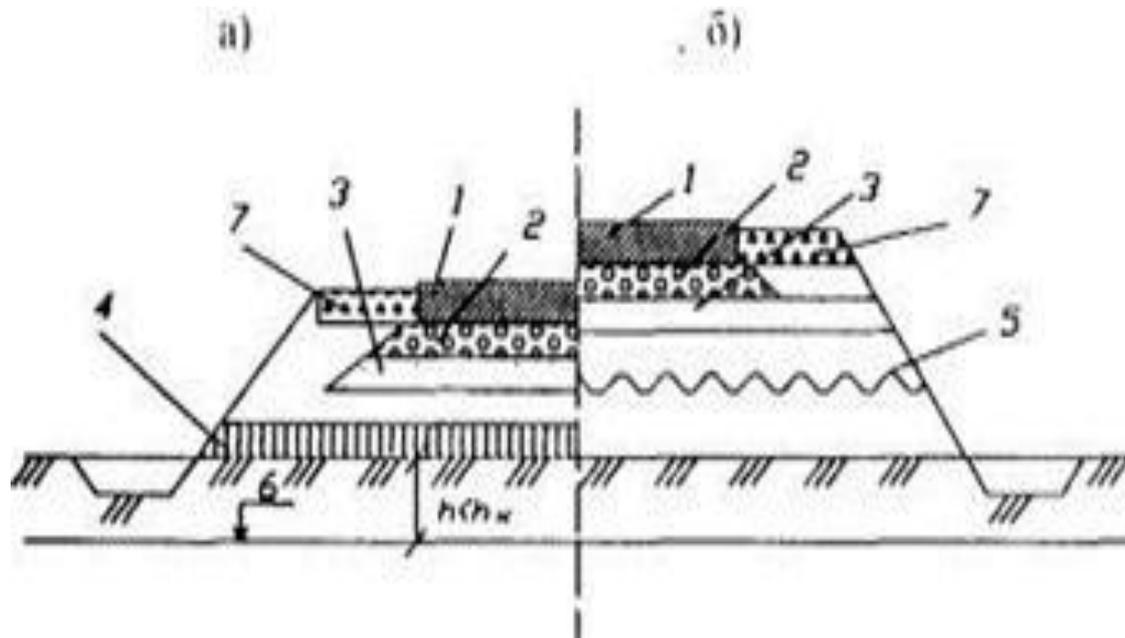
Регулирование водного режима земполотна с помощью изолирующих прослоек

При высоком уровне грунтовых вод для повышения устойчивости земляного полотна в теле насыпи устраивают **водонепроницаемые или капилляропрерывающие прослойки.**

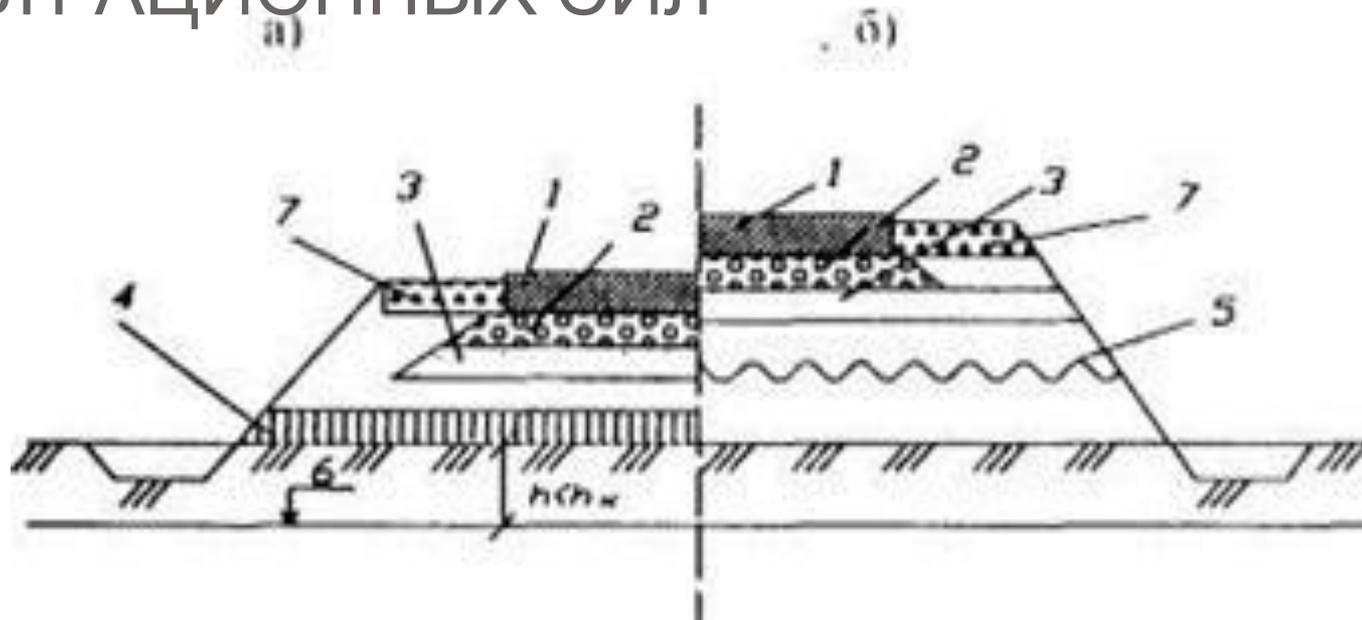
Водонепроницаемые прослойки укладывают на всю ширину земляного полотна или, в целях экономии материалов, на ширину проезжей части с превышением ее с каждой стороны на 0,5 м.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

При насыпях высотой менее 1,0 м водонепроницаемый слой устраивают на уровне подошвы насыпи путем укрепления местного грунта органическими вяжущими материалами (жидкие битумы класса МГ, СГ вязкостью 25/40, битумными эмульсиями и др.) (рис. 2.3.1). На высоких насыпях водонепроницаемую прослойку можно устраивать на глубине **0,6...1,0 м от бровки земляного полотна**. Кроме обработки местного грунта, водонепроницаемую прослойку можно устраивать **из битумной пасты или шлама** толщиной 3,0...3,5 см.



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ



Конструкции водонепроницаемых прослоек:

а) при высоте насыпи менее 1 м с использованием в качестве водонепроницаемой прослойки грунта, укрепленного **органическим вяжущим материалом**; б) при высоте насыпи более 1 м с использованием в качестве прослойки синтетической пленки:

1 - покрытие; 2 - основание; 3 - песчаный грунт; 4 - грунт, укрепленный органическим вяжущим материалом; 5 - синтетическая пленка; 6 - уровень грунтовых вод; 7 - укрепленная обочина

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

- Водонепроницаемые прослойки

В дорожном строительстве широкое распространение в качестве водонепроницаемой прослойки получило использование синтетической пленки из полиэтилена, поливинилхлорида и на основе полиизобутилена. Полимерные пленки промышленность выпускает шириной от 2,4 до 12,0 м и толщиной от 0,1 до 2,0 мм. Чем шире пленка, тем меньше трудовые затраты на сварку или склейку полотнищ и выше качество. Чем больше толщина пленки, тем она надежнее. Рабочие операции по строительству водонепроницаемой прослойки с использованием синтетической пленки включают: планировку и уплотнение земляного полотна, распределение полотен синтетической пленки, доставку грунта, надвижку его на пленку, уплотнение грунта и строительство последующих слоев дорожной одежды.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Капилляропрерывающие прослойки

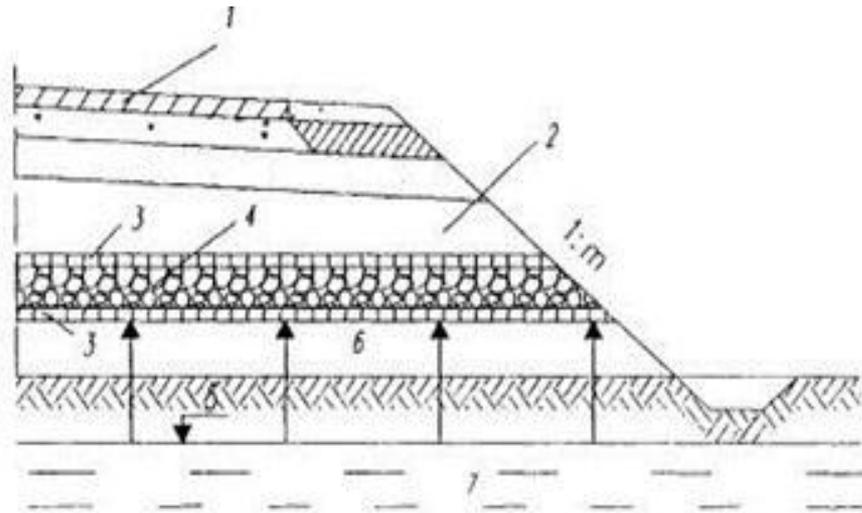
Капилляропрерывающие прослойки располагают в насыпях на всю их ширину на глубине 1 м от бровки земляного полотна. Назначение таких прослоек - создать преграду для подъема капиллярной воды (рис. 2.3.2).

Капилляропрерывающие прослойки устраивают из щебня или гравия фракции 5... 10 мм толщиной 20...40 мм. Сверху и снизу капилляропрерывающей прослойки располагают **противозаиливающие слои из топочных шлаков**, высевок фракции от 0,1 до 5 мм, геотекстиля толщиной 3,0...5,0 мм и других местных материалов, не подвергающихся гниению.

Строительство капилляропрерывающих прослоек состоит из следующих технологических процессов: устройство нижней части земляного полотна с поперечным уклоном не менее **30 %** и коэффициентом уплотнения грунта не менее 0,98; строительство нижнего противозаиливающего слоя; распределение капилляропрерывающего материала; устройство верхней противозаиливающей прослойки; вывозка и надвижка грунта для верхней части насыпи с послойным уплотнением катками на пневматических шинах.

Сочетание водонепроницаемых и капилляропрерывающих прослоек

В результате сочетаний водонепроницаемых и капилляропрерывающих прослоек достигают сохранения пониженной влажности грунтов в верхней части земляного полотна. Это обеспечивает его устойчивость и предохраняет дорожную одежду от преждевременного разрушения. За счет повышения модуля упругости грунта верхнего слоя можно уменьшить толщину дорожной одежды.



Конструкция водонепроницаемой прослойки:

- 1 - дорожная одежда; 2 - грунт земляного полотна; 3 - противозаиливающие прослойки;
- 4 - капилляропрерывающая прослойка; 5 - уровень грунтовых вод; 6 - зона капиллярной воды; 7 - зона свободной воды



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

Ф

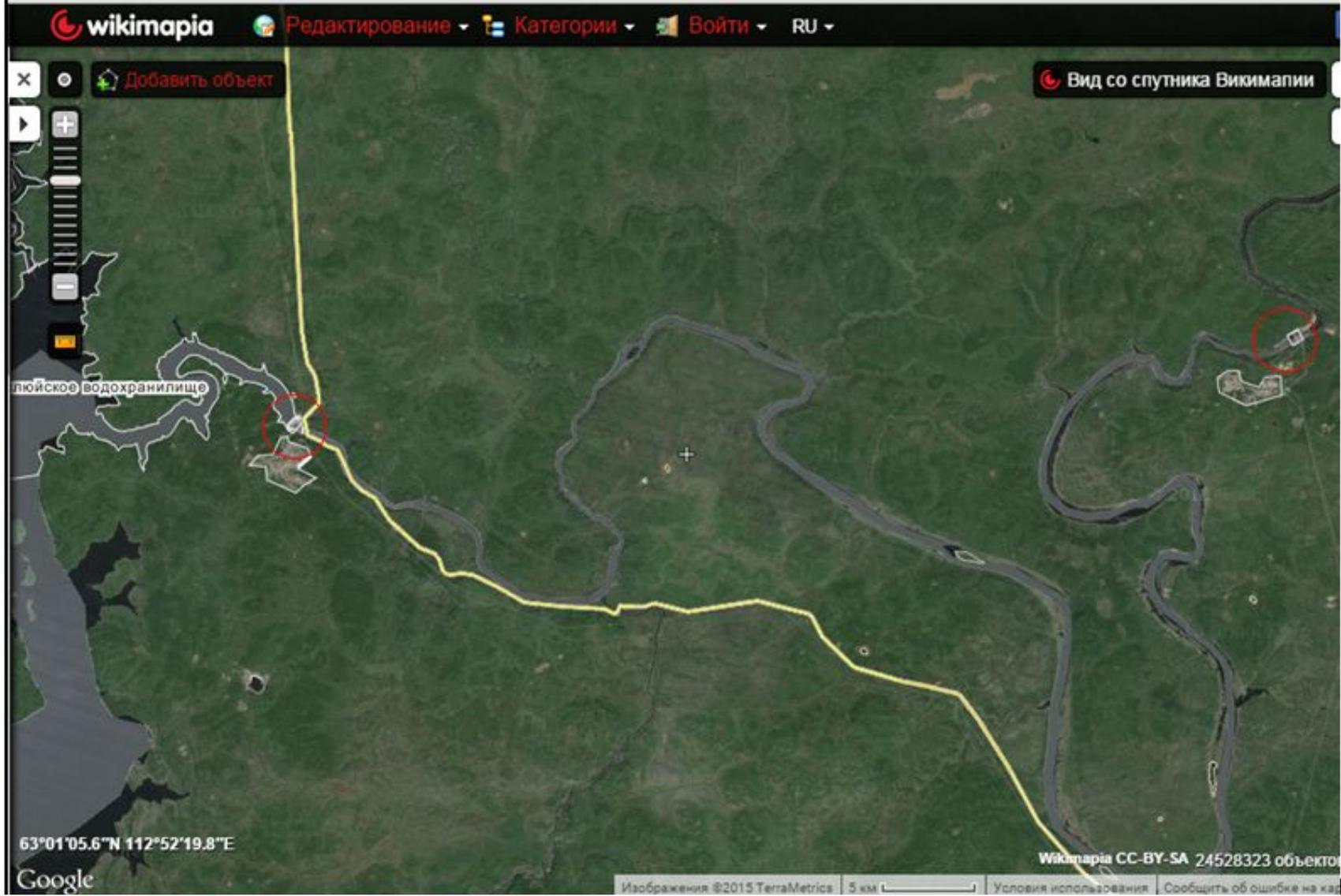
Масштаб 1:6 500 000

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

Для общеобразовательных учреждений



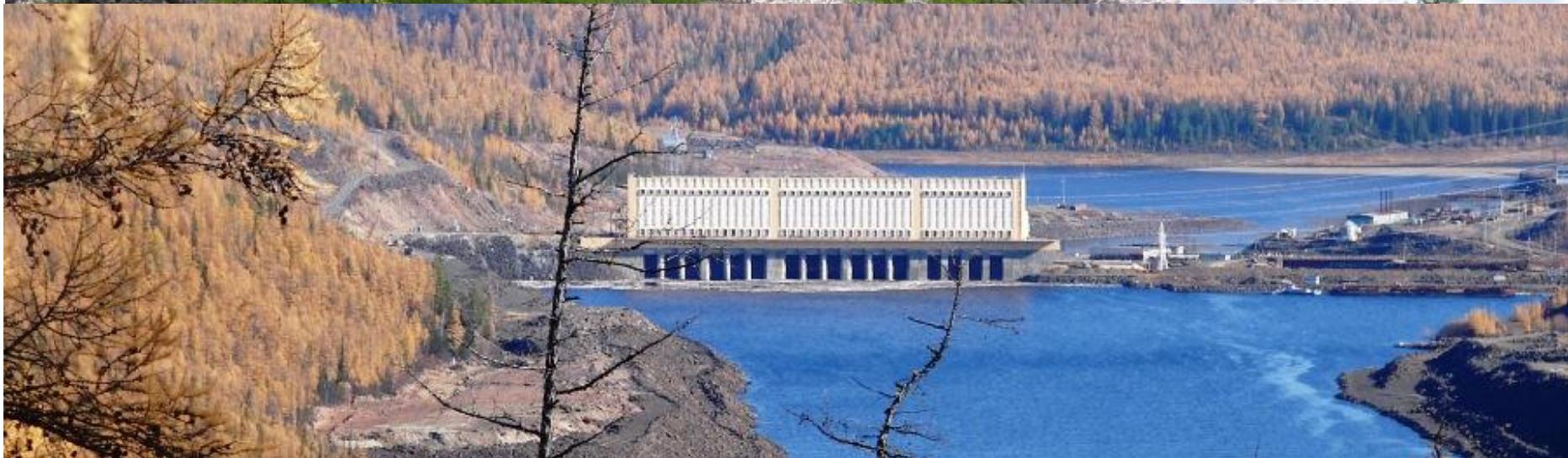
УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ ВИТНОГО каскад ГЭС



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВЫХОДОВ ДЛЯ ГЭС-3



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Виллюйская гидроэлектростанция — III (Светлинская ГЭС) — ГЭС руслового типа на реке Виллюй в Якутии, у пос. Светлый. Входит в Виллюйский каскад.

Строительство ГЭС началось в 1979 г., в 2008 г. официально принята в эксплуатацию с 3 из 4 генераторов.

Состав сооружений ГЭС:

- левобережная насыпная плотина длиной 112 м и высотой до 50 м;
- правобережная насыпная плотина длиной 273 м и высотой до 50 м;
- подводящий и отводящий каналы;
- совмещённое русловое здание ГЭС.

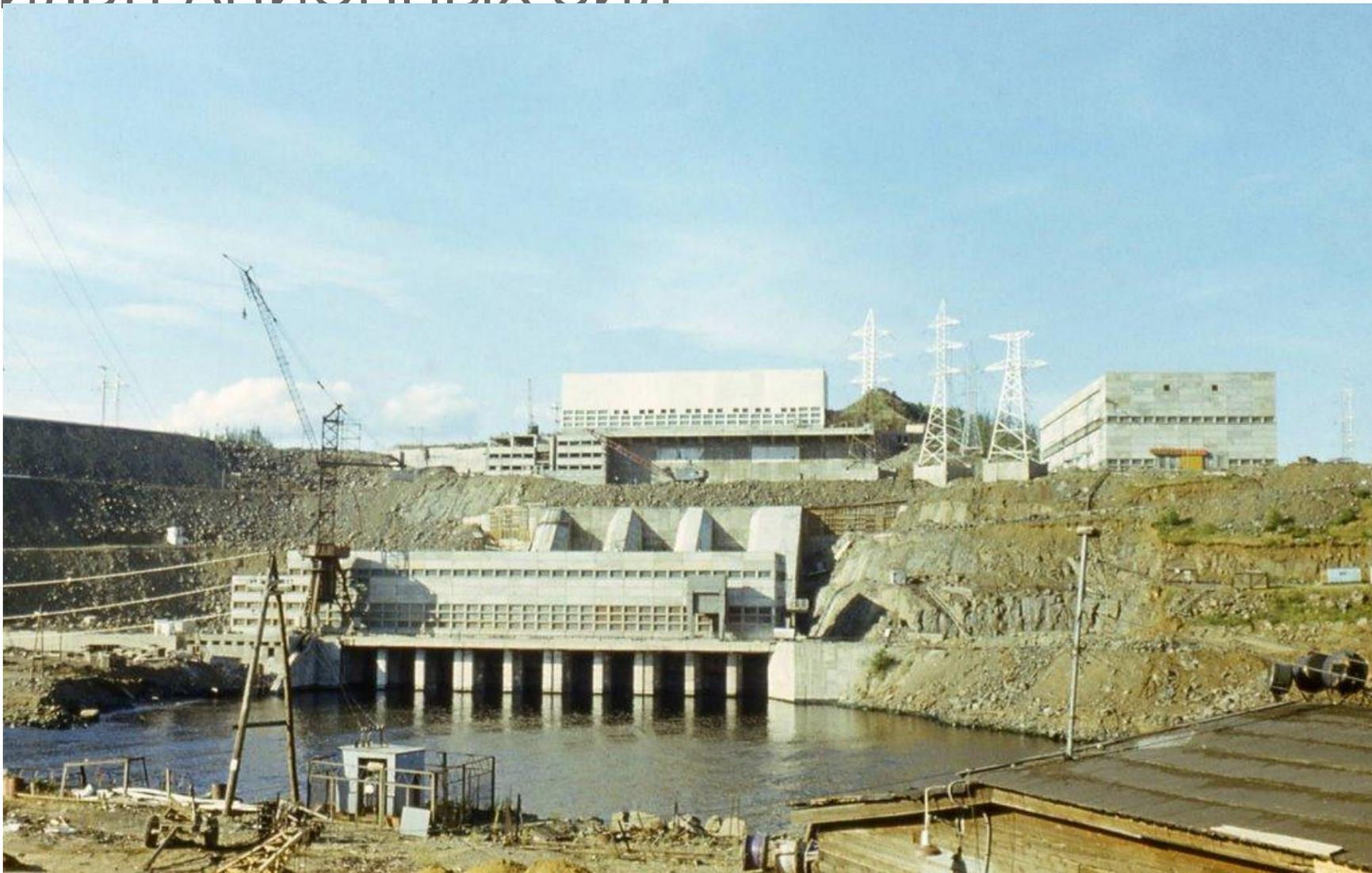


УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Виллюйская ГЭС-3 предназначена для энергоснабжения алмазодобывающей промышленности, перспективной добычи других полезных ископаемых Якутии (в частности, нефти и газа), а также для энергоснабжения жилищно-коммунальной сферы (планируется перевод на электроотопление нескольких поселков).



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИИ ИОННЫХ СИЛ



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И Ф



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

При создании водохранилища фильтрация воды в условиях очень высокой водопроницаемости основания плотин могла привести к размыву суффозионно-неустойчивых глинистых грунтов основания и образованию крупных каналов сосредоточенной фильтрации.

Такой случай произошел в январе — феврале 2002 г. в мерзлом глинистом основании корневого участка продольной перемычки. Усиливающаяся фильтрация привела к частичному затоплению строительного котлована основных сооружений.

После длительных и трудоёмких поисков местонахождения этого канала удалось ликвидировать сосредоточенную фильтрацию только возведением фрагмента "стены в грунте".

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Таким образом, одной из главных проблем при возведении Светлинской ГЭС было **обеспечение фильтрационной устойчивости оснований обеих плотин** путём создания до наполнения водохранилища надежных противофильтрационных устройств.

Для этого проектом первоначально предусматривались глубокие цементационные завесы, создаваемые в два этапа: первая очередь — до восприятия недостроенными плотинами напора, вторая — после их возведения до отметки гребня и наполнения водохранилища до НПУ.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Проект цементационных завес разработал Гидроспецпроект по техническому заданию Ленгидропроекта.

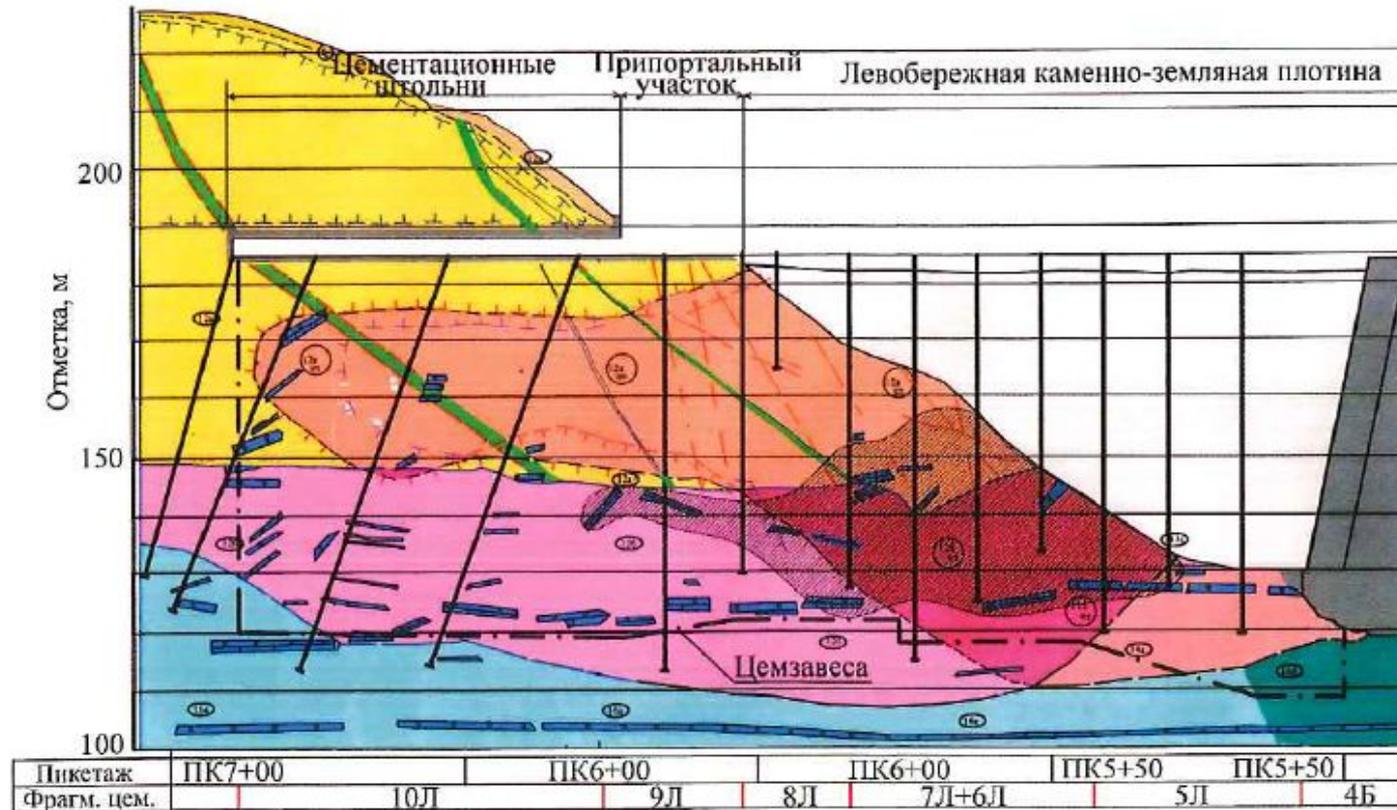


Рис. 3. Продольный разрез по оси левобережной плотины:

1 — водопроницаемость, превышающая проектные требования (2009 – 2010 гг.); 2 — термоскважина; 3 — прослой известняков и доломитов

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Цементационные работы и их результаты

Цементационные завесы первой очереди возводились в 1993 - 2003 гг. отдельными фрагментами сначала в основаниях левобережной, а затем и правобережной плотин.

Цементация выполнялась с различных отметок по мере возведения плотин. Мерзлое основание перед началом цементации подвергалось электрооттаиванию с расположением электродов в скважинах глубиной до 58 м с шагом 6 м при расстоянии между двумя рядами 8,5 - 10,4 м. Затем вдоль оси плотины бурилось 2-3 ряда цементационных скважин глубиной до 65 - 73 м. Шаг скважин был назначен 3 м, расстояние между рядами — 2 м.

Перед окончанием цементации каждого фрагмента выполнялось гидроопробование созданной цементационной завесы. Когда проницаемость превышала контрольные значения, производилась дополнительная цементация основания с сближением скважин в рядах до 1,5 м.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

Цементационные работы и их результаты

Контрольное гидроопробование 2002-2003 гг. показало, что выполненные работы не обеспечили долговечности противofильтрационных завес. Даже при безнапорном режиме и отсутствии суффозии проницаемость завесы правобережной плотины существенно увеличилась через 3 года после создания и потребовала повторной цементации. По-видимому, деформации слабых глинистых грунтов при продолжающемся оттаивании и осадке вызвали растрескивание цементного камня и увеличение проницаемости цементационной завесы.

По результатам гидроопробования было принято решение об усилении цементационной завесы в основании ЛКЗП на фрагментах 5Л-9Л двумя рядами скважин на расстоянии 2 м друг от друга с шагом 3 м.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

На основании опытно-фильтрационных работ и натурных наблюдений 2005-2007 гг. было принято решение об очередной цементации части основания ЛКЗП к подъёму УВБ до отм. 175 м.

После проведения цементации в 2008 г. наблюдения показали:

- отсутствие ранее наблюдавшейся повышенной фильтрации в прослое, примыкающем к зданию ГЭС;
- наличие в цементационной завесе участков не только с известково-доломитовыми прослоями, но и слабыми грунтами, в которых водопроницаемость существенно превышала нормативную (проектную), несмотря на проведённую цементацию.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

Фильтрация Эффективность цементации основания

Наблюдения за развитием фильтрации в основании грунтовых гидротехнических сооружений Светлинской ГЭС установили, что выполненная впервые в отечественной практике цементация предварительно оттаянных выветрелых слабых полускальных пород, разрушенных местами до глинисто-щебенистого грунта, оказалась малоэффективной. Даже до наполнения водохранилища в условиях безнапорного режима проницаемость завесы увеличилась через несколько лет после ее создания и требовалась повторная цементация основания. А при наличии напора усиливающаяся фильтрация вызывала суффозию глинистого заполнителя, расширение фильтрующих трещин и повышение проницаемости цементационной завесы.

В этой связи для поддержания противofильтрационных устройств в рабочем состоянии требовалось периодическое проведение повторных цементации основания. По опыту ликвидации аварийной фильтрации на корневом участке продольной перемычки в 2002 г. установлено, что повторные цементации канала фильтрации требовалось бы повторять через 1,5-2 месяца.

Цементация мёрзлого полускального основания грунтовых плотин с предварительным (принудительным) его оттаиванием на Светлинской ГЭС оказалась неэффективной. В этой связи было принято решение для обеспечения безопасной эксплуатации ЛКЗП выполнить более надежное противofильтрационное устройство в виде глиноцементнобетонной свайной стены в грунте в сочетании с левобережной мерзлотной завесой.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ
Недолговечность и недостаточная эффективность цементационных завес в основании грунтовых плотин Светлинской ГЭС связана с инженерно-геологическими условиями и технологией цементации:

- в отличие от скальных пород, слабые глинисто-щебнистые грунты не могут обеспечивать надежное сцепление с цемкамнем. При осадках и деформациях оттаивающего основания глинистый грунт, по всей видимости, отслаивается от цемкамня, образуя открытые трещины, которые и служат каналами фильтрации;
- многолетнемерзлые грунты перед проведением цементации подвергались электроттаиванию только в относительно узкой полосе. Фильтрация воды создает приток тепла в мерзлое основание и вызывает расширение зоны оттаивания. Этот процесс сопровождается осадками и деформациями основания, приводящими к растрескиванию цемкамня, увеличению проницаемости цементационных завес и усилению фильтрации;
- седиментация растворов оставляет вертикальные и пологие трещины частично незаполненные цемкамнем. Например, в керне, отобранном в скважине из верхней цементационной штольни с глубины 23,6-23,8 м, сохранилась трещина раскрытием 1 см, внизу заполненная цемкамнем, а сверху полая;
- в основании плотин, сложенном пластичными грунтами, пологие трещины заполняются нагнетаемым раствором, и только вертикальные трещины могут оставаться открытыми. Вероятность их пересечения вертикальными цементационными скважинами весьма низкая. Даже при частом расположении скважин пересечь и зацементировать все трещины проблематично. Вследствие этого после завершения цементационных работ часть открытых трещин в основании остается незацементированной, и служит каналами фильтрации. В свою очередь, фильтрация вызывает суффозию слабых грунтов и пылевато-глинистого заполнителя трещин. Это вызывает дальнейшее увеличение проницаемости основания и прогрессирующее усиление фильтрации.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И

ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

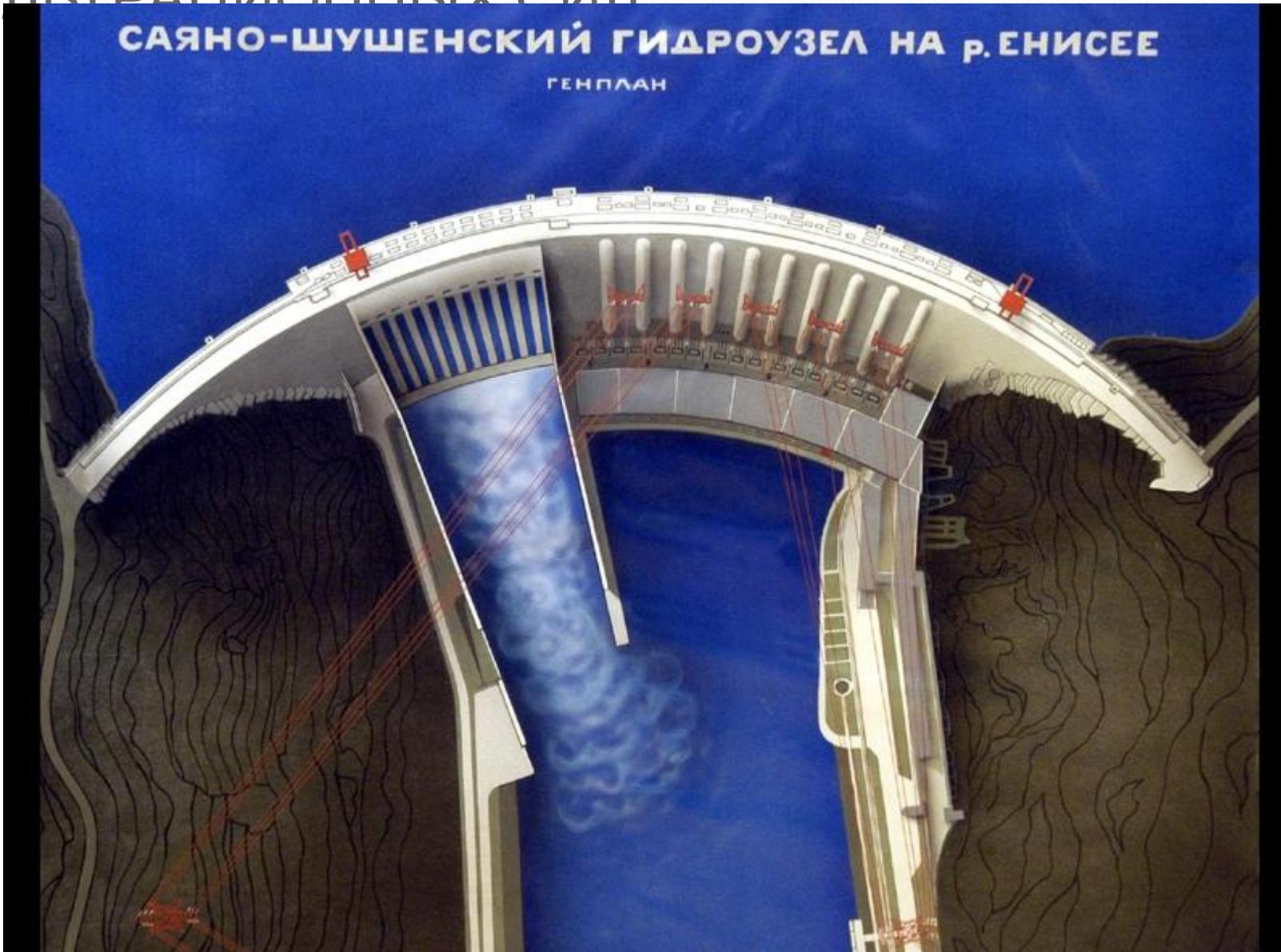
Замена цементационных завес свайными "стенами в грунте"

После неудачных попыток по обеспечению требуемой водопроницаемости цементной завесы было принято решение о необходимости создания более надежного противофильтрационного устройства в основании правобережной плотины, особенно с учетом залегания льдистых слабых глинистых грунтов, легко поддающихся размыву после их оттаивания. Ликвидация фильтрации на корневом участке продольной перемычки показала, что только глубокая "стена в грунте", пересекающая все трещины и заглублённая в слабопроницаемые породы, может обеспечить фильтрационную устойчивость относительно слабого основания правобережной плотины.

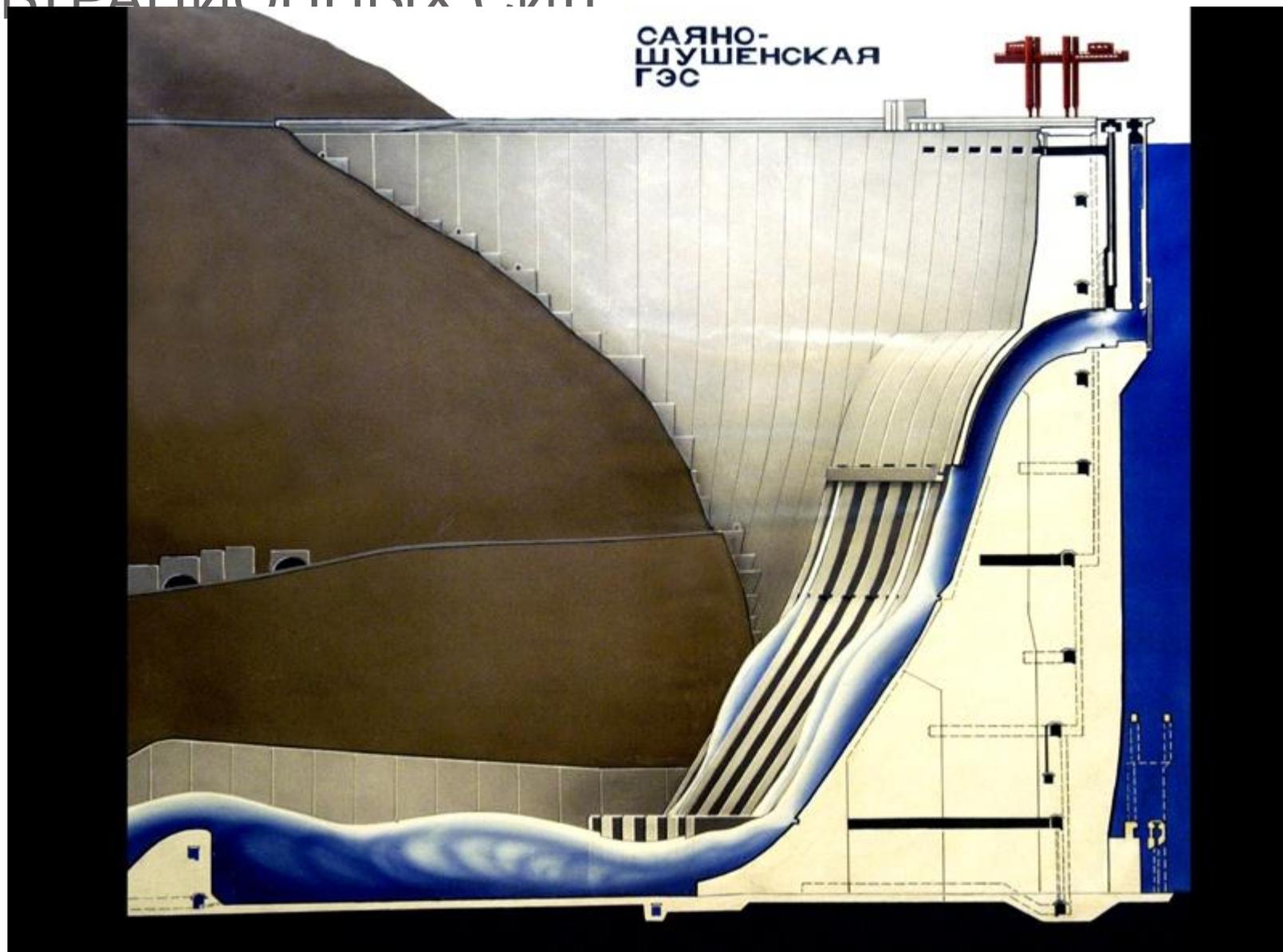
Свайная "стена в грунте" в условиях мерзлоты, следствием оттаивания которой являются осадки и деформации основания плотины, должна обладать определённой пластичностью. В этой связи "стены в грунте" обычно проектируются из пластичного одновременно суффозионно-устойчивого материала. По результатам изысканий на Светлинской ГЭС была установлена глубина залегания слабопроницаемых пород и назначена отметка низа «стены в грунте».

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ

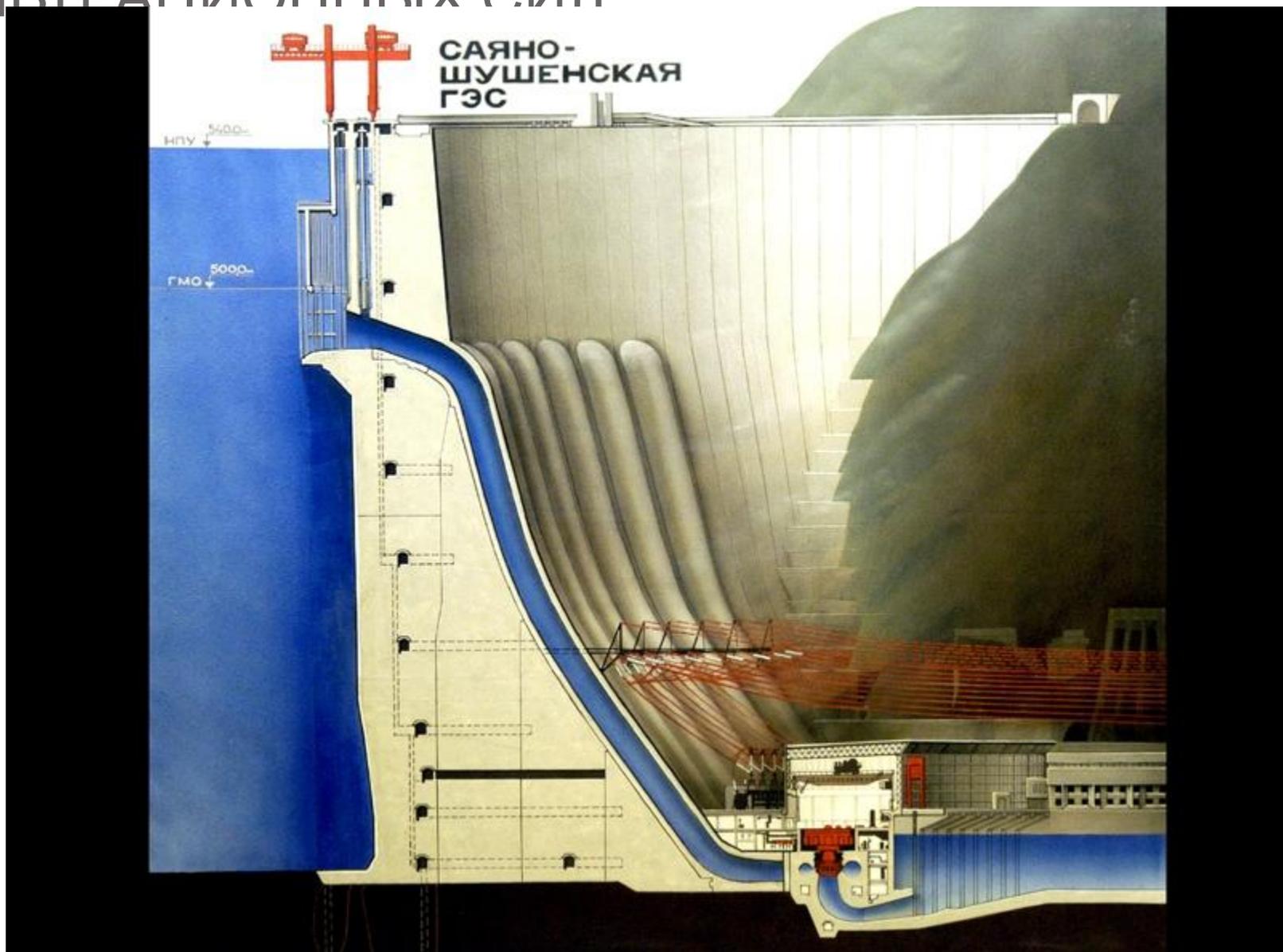
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ГИДРОУЗЕЛ НА р. ЕНИСЕЕ
ГЕНПЛАН



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИЛ



УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ОБВОДНЕНИЯ И ФИ



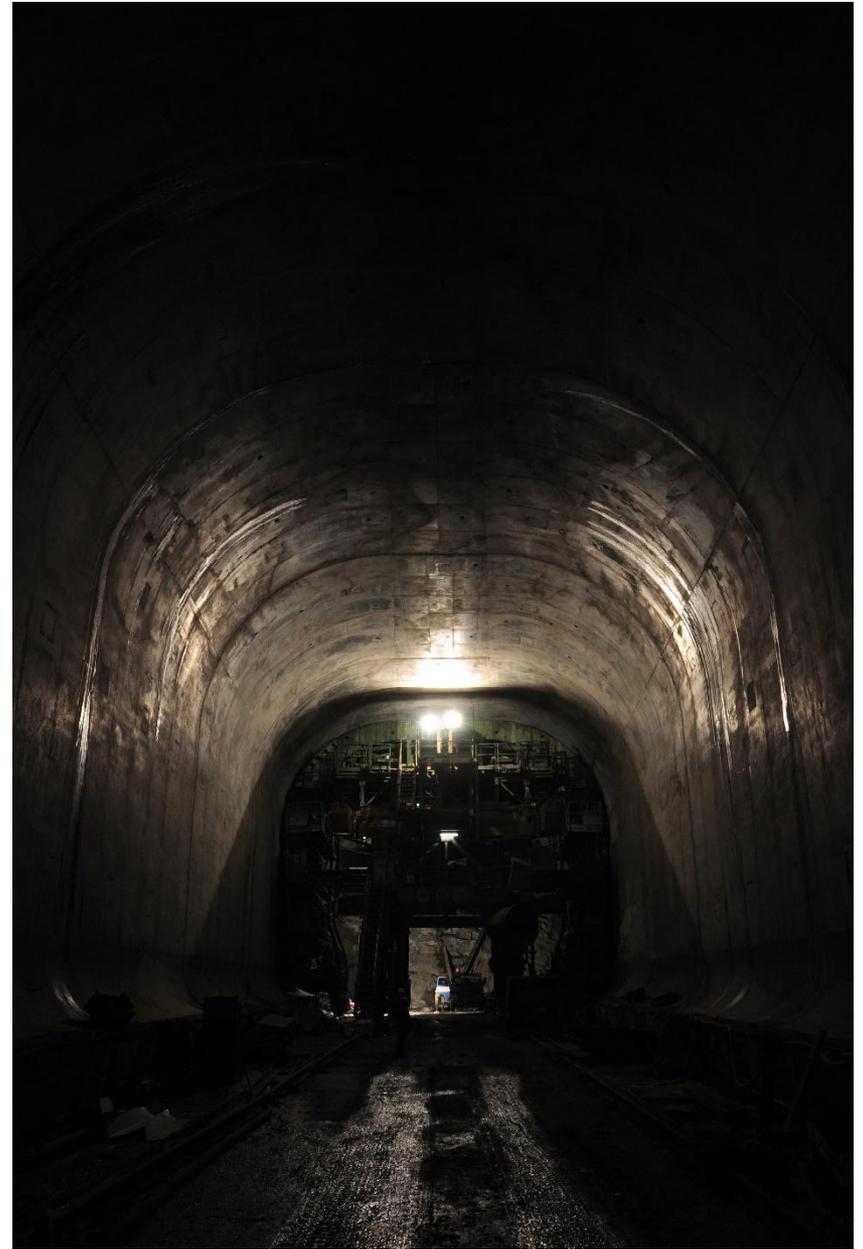
















Выводы

Для предохранения грунтов земляного полотна от замачивания нельзя допускать проникновения в грунт под дорожную одежду дождевых, талых и производственных вод.

Это достигается содержанием в бездефектном состоянии дорожных одежд, обочин, устройств водоотвода и дренажа.

Наиболее тщательно должны предохраняться от замачивания основания земполотна, представленные лёссовидными просадочными грунтами.

**Спасибо за
внимание!**

