



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**Курс:** «Технология бурения эксплуатационных скважин  
при отработке месторождений урана методом  
подземного выщелачивания»

**Лекция 5**

**Тема: «Технология сооружения технологических  
скважин»**



**Лектор старший преподаватель ТПУ - Бер Александр Андреевич**



# Выбор и обоснование конструкции скважин для подземного выщелачивания урана

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

Основные факторы, влияющие на выбор конструкции скважин подземного выщелачивания:

- **геологические и гидрогеологические** условия месторождения (физико-механические свойства слагающих пород, глубина залегания продуктивного пласта, водоносность горизонта и др.);
- **принятая система** отработки месторождения и схема размещения эксплуатационных скважин;
- **проектная производительность** добычных скважин;
- **типоразмер обсадных труб**;
- **тип и конструкция фильтра**;
- **тип устьевого оборудования** закачных и откачных скважин;
- **тип и конструкция раствороподъемных устройств.**

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

При выборе **конструкции эксплуатационных скважин** для подземного выщелачивания урана с использованием кислотных растворителей урана **необходимо учитывать** следующее:

- 1) **обеспечение** высокой стойкости материала обсадных труб к химически агрессивным средам;
- 2) **обеспечение** механической прочности обсадных **неметаллических** труб в условиях горного давления и гидродинамических нагрузок;
- 3) **внутреннее сечение** обсадных труб должно обеспечивать:
  - **производство** ремонтных работ,
  - **цементирование** скважин для создания гидроизоляции зон движения рабочих и продуктивных растворов,
  - **проведение** необходимых геофизических и гидрогеологических наблюдений за ходом процесса ПВ;

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

- 4) **для предохранения** затрубного пространства скважин от проникновения с поверхности рабочих растворов следует использовать специальное оборудование устья;
- 5) **при оборудовании** нижней части фильтра отстойником с окнами для облегчения освоения скважины необходимо предусматривать возможность перекрытия окон после окончания работ по освоению;
- 6) **возможность** создания надежной гидроизоляции надрудного горизонта, особенно в случае эксплуатации маломощных рудных тел, находящихся в зоне водоносных горизонтов;
- 7) **в процессе** бурения не должна нарушаться целостность нижнего водоупора, в случае перебуривания водоупора необходимо предусматривать в дальнейшем его тампонирование;
- 8) **утяжелитель** для спуска в скважину полиэтиленовых обсадных колонн необходимо изготавливать из инертных материалов или же он должен быть извлекаемым.

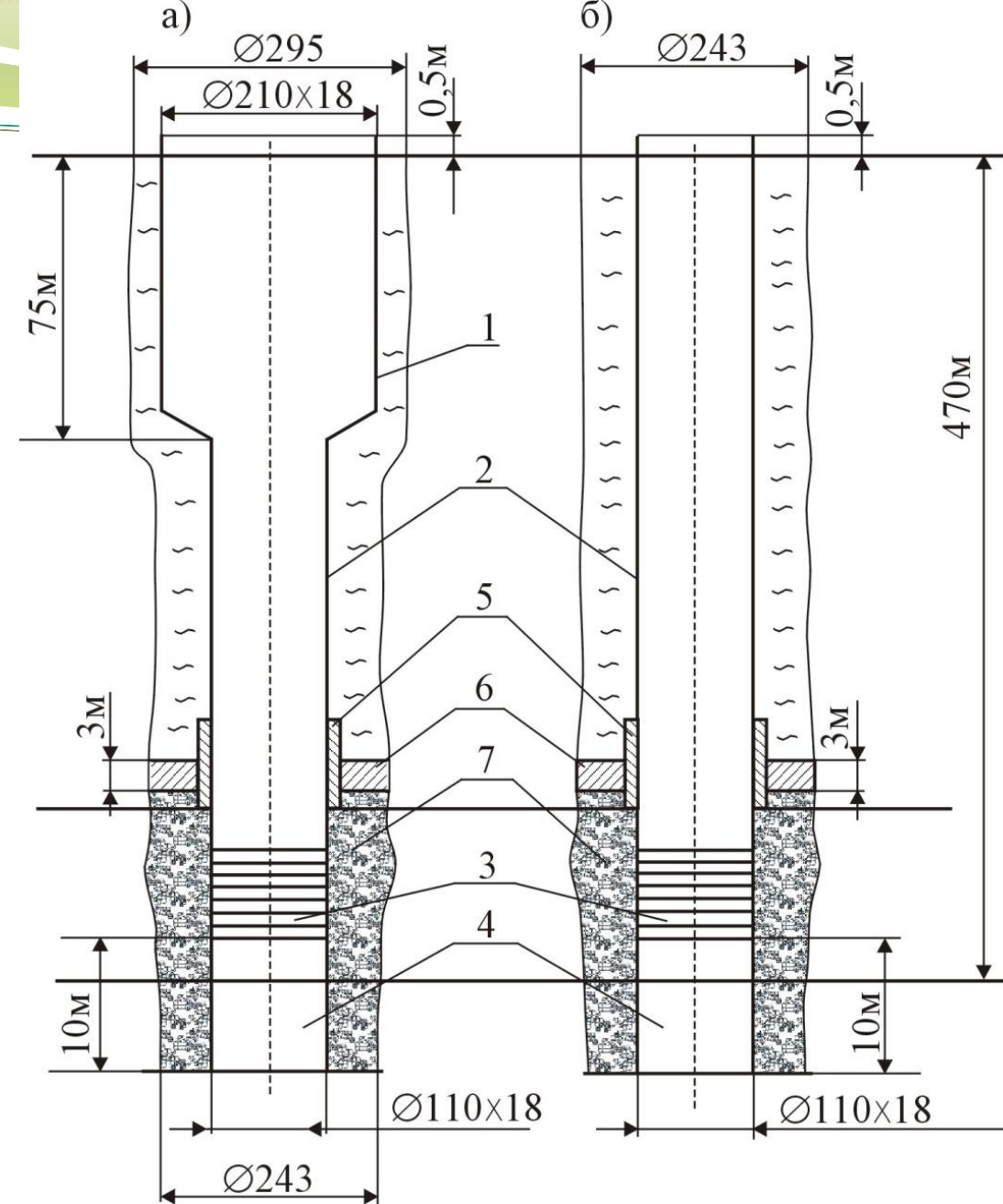
# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

## Конструкции эксплуатационных (откачных и нагнетательных) скважин

- **Конструкции** откачных и нагнетательных технологических скважин **отличаются только по диаметру** применяемых эксплуатационных колонн: откачные скважины обычно оборудуются колоннами большего диаметра.
- **Диаметры** скважин и эксплуатационных колонн **определяются** размерами раствороподъемных устройств (эрлифты, погружные насосы и др.).
- **В практике** подземного выщелачивания металлов **в основном применяются** одноколонные и двухколонные конструкции технологических скважин

# Пример конструкций эксплуатационных скважин

- 1 - обсадная труба под погружной насос;
- 2 - обсадная труба 110×18;
- 3 - фильтр;
- 4 - отстойник;
- 5 - утяжелитель;
- 6 - цементная пробка;
- 7 - гравийная засыпка



а) откачная скважина, б) закачная скважина

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

## Конструкции эксплуатационных (откачных и нагнетательных) скважин

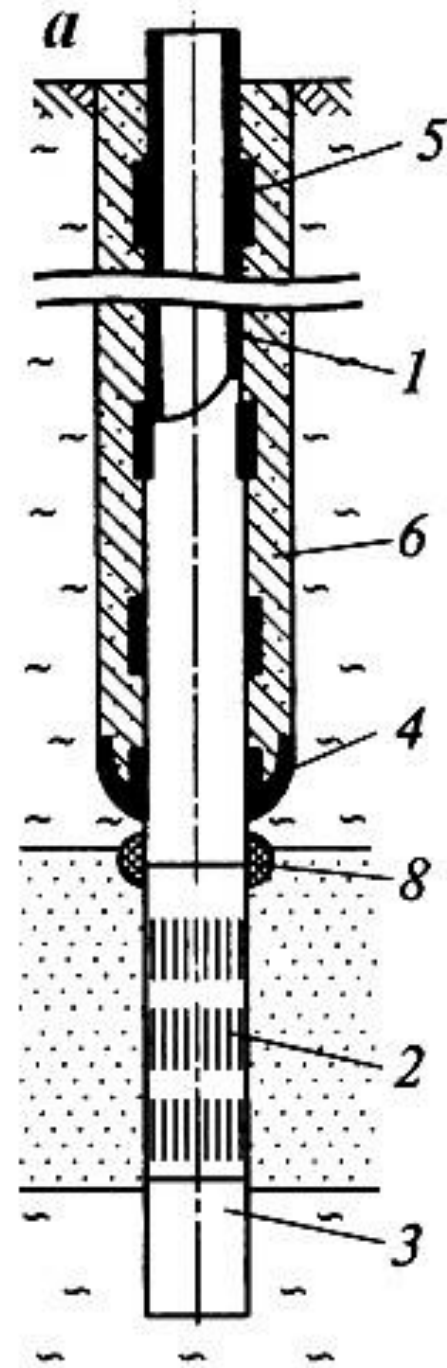
- При значительных глубинах залегания продуктивных горизонтов и наличии в разрезе неустойчивых пород устье скважины может быть оборудовано направляющей трубой и кондуктором.
- При сооружении эксплуатационных нагнетательных и откачных скважин с гидроизоляцией рабочих и продуктивных растворов с помощью манжет до рудного пласта скважины бурят диаметром 190–243 мм,
- Перебуривание рудного пласта осуществляется долотами меньшего диаметра.
- Эксплуатационная колонна диаметром 110–140 мм оборудуется отстойником, фильтром, манжетой из кислотостойкой резины и утяжелителями.
- Одноколонные конструкции нагнетательных и откачных технологических скважин ПВ с гидроизоляцией с помощью манжет обладают простотой и имеют небольшие затраты на их сооружение.



# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

Конструкция **одноколонной двухступенчатой** эксплуатационной скважины с гидроизоляцией при помощи **манжеты**

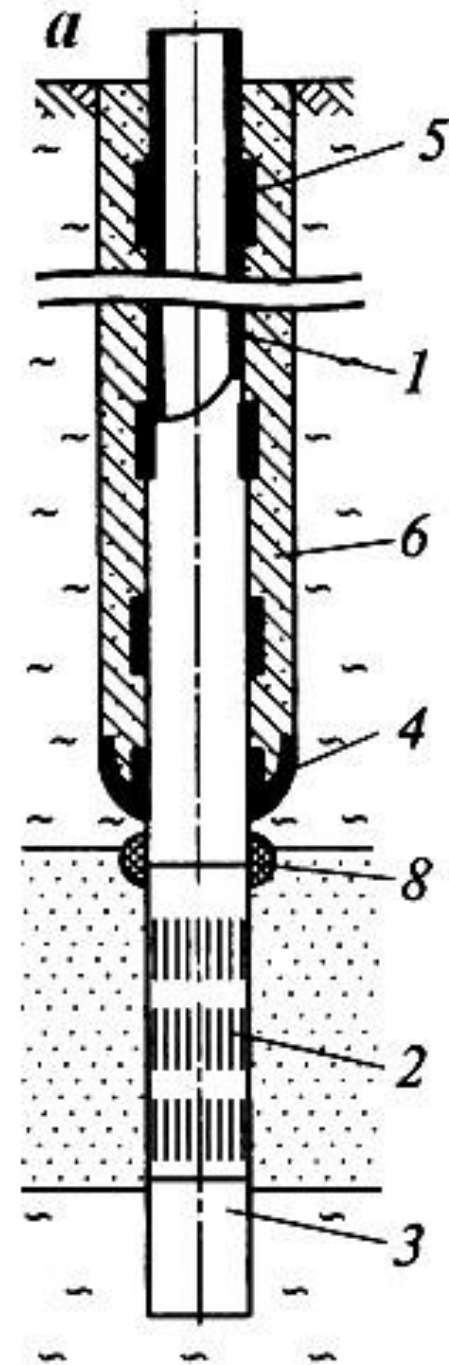
- 1 – эксплуатационная колонна,
- 2 – фильтр,
- 3 – отстойник,
- 4 – разобщающая манжета,
- 5 – центратор,
- 6 – материал гидроизоляции,
- 7 – продуктивный пласт
- 8 – центратор



# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

Конструкция **одноколонной двухступенчатой** эксплуатационной скважины с гидроизоляцией при помощи **манжеты**

- В месте перехода на уменьшенный диаметр скважины эксплуатационная колонна снабжается **манжетой** с удлиненным корпусом и впаянным в основание металлическим кольцом, которое обеспечивает необходимую прочность и жесткость.
- Основное назначение **манжеты** – создание гидроизоляции выше зоны движения продуктивных растворов.
- Поверх **манжеты** заливается гидроизоляционный материал.
- Интервал гидроизоляции обычно равен высоте **от манжеты** до динамического уровня подземных вод.
- Остальная часть затрубного пространства скважины может заполняться другим материалом, а устье скважины на глубину 2–3 м цементируется.



# Проектирование эксплуатационных скважин

## Расчет конструкции скважины производится снизу вверх

1. Выбирают **тип фильтра** в соответствии с рекомендациями (табл.) в зависимости от характера пород, слагающих продуктивный горизонт.
2. Рассчитывают параметры рабочей части фильтра (его рабочую площадь  $F$ ) по проектному дебиту скважины  $Q$ , мощности продуктивного горизонта  $H$  и его фильтрационными свойствами, характеризуемыми коэффициентом фильтрации  $K_{\phi}$ .
3. Площадь фильтра  $F$ , определяющая его водопрпускную способность при допустимой скорости фильтрации  $v_{\phi}$  жидкости, находится в зависимости от диаметра  $D_{\phi}$  и длины  $l_{\phi}$  рабочей части фильтра

# Область применения фильтров различных типов и конструкций

Состав продуктивных пластов	Рациональные типы и конструкция фильтров
Полускальные неустойчивые, щебенистые и галечниковые породы с преобладающей крупностью частиц щебня и гальки от 20 до 100 мм (более 50 % по массе)	Трубчатые фильтры с круглой и щелевой перфорацией. Стержневые фильтры
Гравий, гравелистый песок с крупностью частиц от 1 до 10 мм и преобладающей крупностью частиц (более 50 % по массе)	Трубчатые фильтры с круглой и щелевой перфорацией; с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки или из штампованного стального листа. Стержневые фильтры с обмоткой проволокой из нержавеющей стали или с водоприемной поверхностью из штампованного листа
Пески крупнозернистые с преобладающей крупностью частиц 1–2 мм (более 50 % по массе)	Трубчатые фильтры с щелевой перфорацией с водоприемной поверхностью из проволочной обмотки, штампованного листа или сетки квадратного плетения
Пески среднезернистые с преобладающей крупностью частиц 0,25–0,5 мм (более 50 % по массе)	Трубчатые и стержневые фильтры с водоприемной поверхностью из сеток гладкого (галунного) плетения. Трубчатые и стержневые фильтры с однослойной гравийной обсыпкой
Пески мелкозернистые с преобладающей крупностью частиц 0,1–0,25 мм (более 50 % по массе)	Трубчатые и стержневые фильтры с однослойной, двух- или трехслойной песчаной и песчано-гравийной обсыпкой (гравийные фильтры). Блочные фильтры, щелевые фильтры и их разновидности: дисковые, тарельчатые, гофрированные, антикоррозионные с песчано-гравийной обсыпкой

# Проектирование эксплуатационных скважин

## Расчет конструкции скважины производится снизу вверх

4. Принимая растворопропускную способность фильтра равной проектному дебиту  $Q$ , определяют необходимую площадь фильтра по формуле:

$$F = \frac{Q}{V_{\phi}},$$

где  $F$  – рабочая площадь фильтра, м<sup>2</sup>,

$Q$  – проектный дебит, м<sup>3</sup>/сутки,

$V_{\phi}$  – допустимая скорость фильтрации, м/сутки.

5. Скорость фильтрации определяется

$$V_{\phi} = 65\sqrt{K_{\phi}},$$

6. Выражая рабочую площадь фильтра через его диаметр и длину, формула  $F = \frac{Q}{V_{\phi}}$ ,

примет следующий вид:

$$\pi D_{\phi} \cdot l_{\phi} = \frac{Q}{V_{\phi}},$$

Преобразуем и выбираем на основе расчета диаметр фильтра **ближайший больший** для выбранного типа фильтра.

$$D_{\phi} = \frac{Q}{\pi \cdot l_{\phi} \cdot V_{\phi}},$$

# Проектирование эксплуатационных скважин

## Расчет конструкции скважины производится снизу вверх

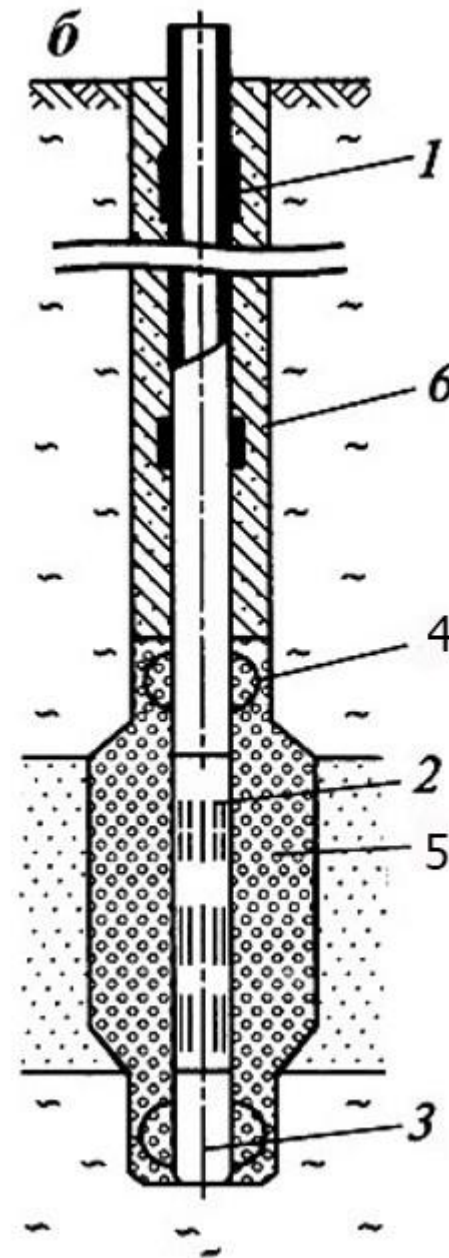
- Диаметр эксплуатационной колонны **закачной скважины** принимают, как правило, равным **диаметру фильтра**  $D_{\phi}$ .
- Внутренний диаметр эксплуатационной колонны  $D_{в}$  **откачной скважины** должен быть достаточным для размещения выбранного **насоса** (по дебиту  $Q$  и высоте подъема  **$H$  раствора**) и обязательно проверяется по условию  $D_{в} = D_{н} + \Delta$ ,  
где  $D_{н}$ - диаметр насоса;
- $\Delta$  - зазор на сторону между насосом и внутренним диаметром эксплуатационной колонны, принимают  $\Delta = 5 \div 10$  мм.
- После определения  $D_{в}$  по стандарту выбирают колонну по наружному диаметру.

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

Конструкция **одноколонной** эксплуатационной скважины **с расширением** под гравийную обсыпку

В последнее время технологические скважины ПВ оборудуются фильтрами с гравийной обсыпкой. С целью создания на забое скважины уширенного контура гравийной обсыпки призабойная зона скважины может предварительно расширяться.

- 1 – эксплуатационная колонна,
- 2 – фильтр,
- 3 – отстойник,
- 4 – центратор,
- 5 – песчано–гравийная обсыпка,
- 6 – материал гидроизоляции,

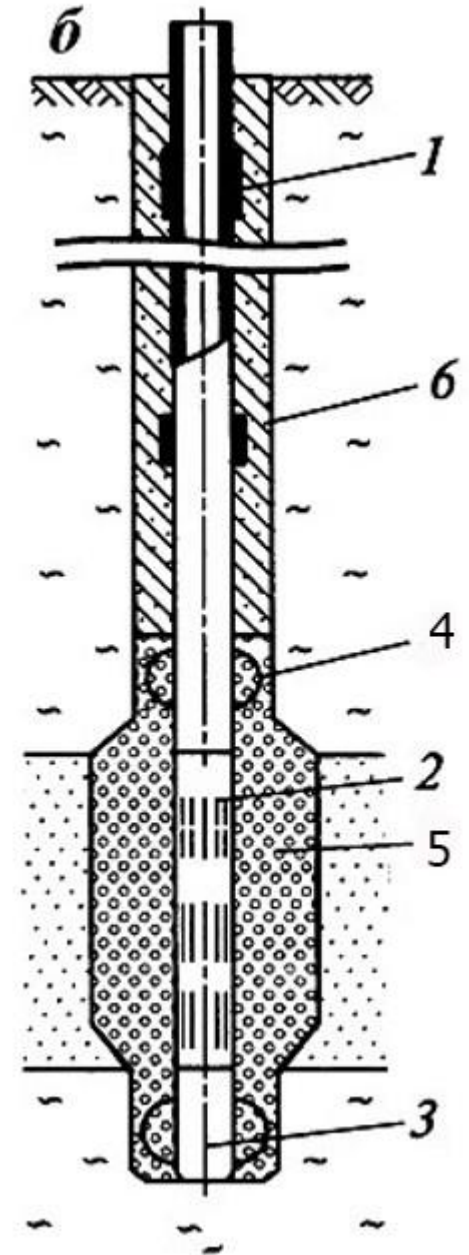




# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

Конструкция **одноколонной** эксплуатационной скважины **с расширением** под гравийную обсыпку

- Проведенные исследования показали, что применение гравийных фильтров способствует **повышению производительности** и **увеличению срока** службы технологических скважин.
- Оборудование нагнетательных скважин **гравийными фильтрами** позволяет **увеличить приемистость** скважины на 20 %, при этом также увеличиваются срок службы скважины и работоспособность раствороподающих устройств, особенно погружных насосов.
- **Гидроизоляция** зон движения рабочих и продуктивных растворов осуществляется **после создания вокруг фильтра песчано-гравийной обсыпки** путем **заливки гидроизоляционного** материала **поверх слоя гравия**.
- Для конструкции скважин, показанных на рис. диаметры эксплуатационных колонн имеют величины 110–225 мм.





# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

## Диаметры эксплуатационных скважин

- **Диаметры** эксплуатационных колонн **выбираются** с учетом назначения скважин и применяемых добычных устройств (откачных, нагнетательных).
- При сооружении нагнетательных скважин диаметр эксплуатационных колонн **выбирается с таким расчетом**, чтобы разместить внутри колонны раствороподающие устройства и обеспечить необходимую приемистость скважин (в продуктивный пласт должно быть подано в единицу времени необходимое количество раствора).
- При сооружении нагнетательных скважин **диаметр** эксплуатационных колонн может находиться в пределах **70–150 мм**.

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

## Диаметры эксплуатационных скважин

- Диаметр эксплуатационных колонн откачных скважин определяется размерами раствороподъемных устройств, положением статического уровня раствора в скважине и зависит также от материала труб.
- При **применении погружных насосов** в качестве раствороподъемных средств и пластмассовых или металлопластовых труб **диаметр** эксплуатационной колонны рекомендуется выбирать на **один-два типоразмера больше**. Это определяется тем, что полиэтиленовые трубы имеют значительную естественную или образующуюся в момент сооружения скважин овальность, значительные колебания толщины стенки по длине трубы, а также уменьшение полезного сечения трубы в местах соединений при использовании термических методов соединения труб. Толщина сварного шва может достигать 8 мм и более.
- Кроме того, необходимо стремиться, чтобы потери напора при движении растворов внутри труб от фильтра к всасывающему отверстию погружного насоса были минимальными.
- При применении эрлифтов в качестве раствороподъемных средств увеличения диаметров эксплуатационных колонн не требуется.

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

## Диаметры эксплуатационных скважин

**Диаметр скважины** под эксплуатационную колонну при одноколонных конструкциях **зависит от:**

- **диаметра и материала применяемых труб** (полиэтиленовые, стеклопластиковые, из нержавеющей стали и др.);
- **типа, диаметра и места установки утяжелителя** для спуска полиэтиленовых колонн;
- **применяемых способов цементирования и гидроизоляции зон** движения рабочих и продуктивных растворов.

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

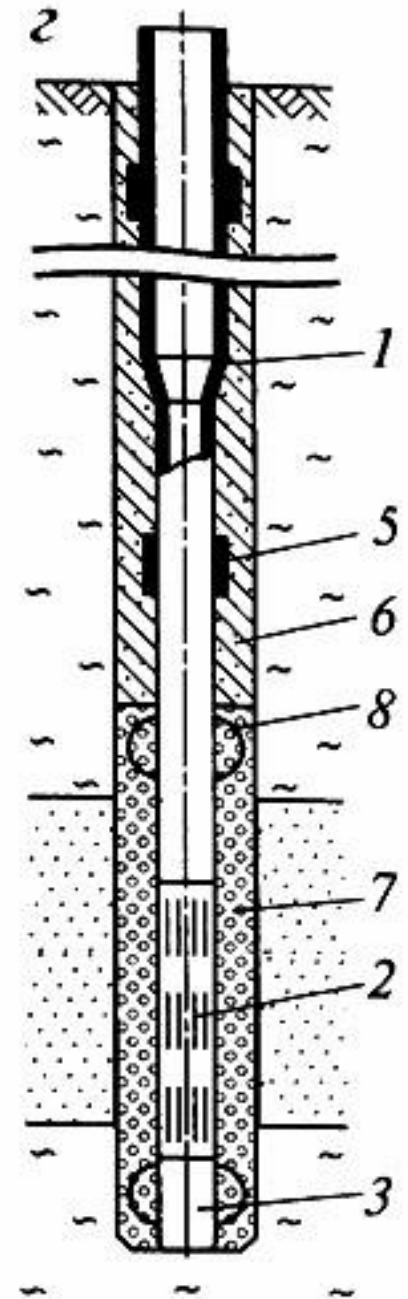
## Диаметры эксплуатационных скважин

- При цементировании затрубного пространства с использованием заливочных трубок, опускаемых в зазор между эксплуатационной колонной и стенками скважины, величина зазора должна позволять свободный спуск заливочного става до уровня манжеты или гравийного слоя.
- При применении в качестве заливочного става бурильных труб диаметром 42 мм ниппельного соединения зазор должен составлять порядка 45–50 мм.
- При цементировании затрубного пространства с помощью цементировочных узлов через заливочные трубки, опускаемые внутрь эксплуатационной колонны, величина зазора зависит от применяемых утяжелителей для спуска полиэтиленовых труб и обычно составляет 20–25 мм.
- Диаметры скважины основного ствола, при использовании в качестве эксплуатационных колонн полиэтиленовых труб диаметрами 110x18, 140x18, 160x18, 210x18 мм колеблются в пределах 190–295 мм.

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

Конструкция скважины с **комбинированной** эксплуатационной колонной и **подъемом** продуктивных растворов с помощью погружных насосов

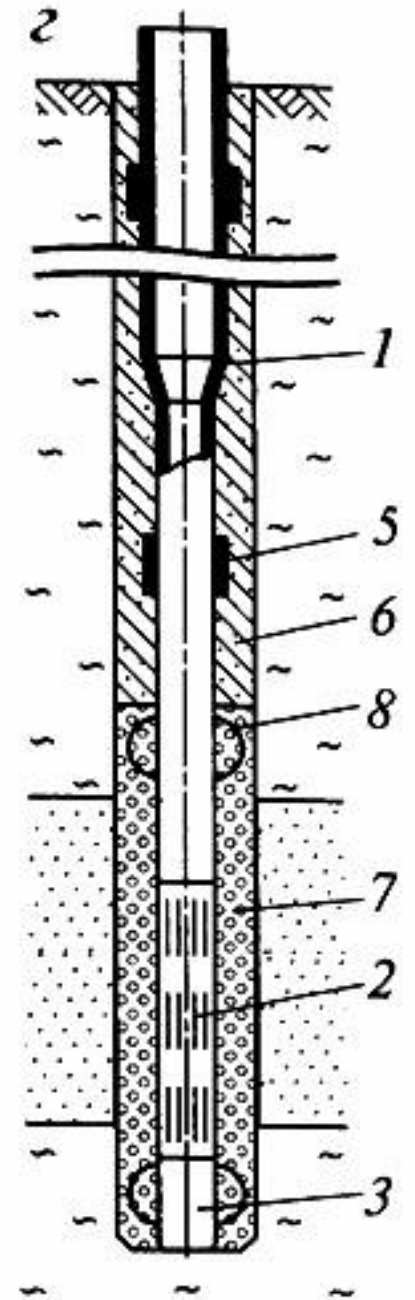
- В глубоких скважинах при высоком динамическом уровне продуктивных растворов эксплуатационная колонна может быть комбинированной. Верхняя часть колонны выбирается большего диаметра для установки погружных насосов.
- Длина верхней части эксплуатационной колонны увеличенного диаметра устанавливается с учетом динамического уровня раствора в скважине, длины насоса, глубины погружения насоса ниже динамического уровня (3–5 м) и дополнительного понижения уровня в результате кольтматации фильтра.
- Собирается эта часть колонны в большинстве случаев из полиэтиленовых труб, длина которых определяется предельной глубиной спуска труб данного типоразмера. Нижняя же часть эксплуатационной колонны соответствует диаметру фильтра.
- Материал труб нижней и верхней частей колонны различается. В нижней части устанавливаются более прочные трубы, например, из нержавеющей стали, стеклопластиковые и др.



# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

Конструкция скважины с **комбинированной** эксплуатационной колонной и **подъемом** продуктивных растворов с помощью погружных насосов

- 1 – эксплуатационная колонна,
- 2 – фильтр,
- 3 – отстойник,
- 5 – утяжелитель,
- 6 – материал гидроизоляции,
- 7 – гравийная обсыпка,
- 8 – центратор.

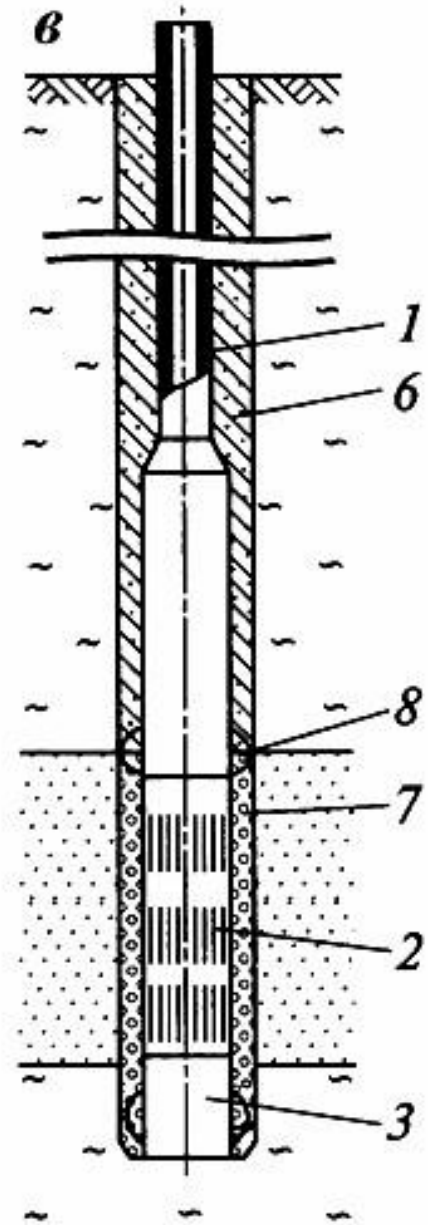


# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

Конструкция скважины с **комбинированной** эксплуатационной колонной и **эрлифтным подъемом** продуктивных растворов

В некоторых случаях при эрлифтном подъеме продуктивных растворов при использовании в качестве раствороподъемных труб эксплуатационных колонн возможно уменьшение диаметра колонны по сравнению с диаметром фильтра. Это устанавливается на основе расчетных соотношений диаметра воздухоподающих и раствороподъемных труб и производительности скважины.

**1** – эксплуатационная колонна, **2** – фильтр,  
**3** – отстойник, **6** – материал гидроизоляции,  
**7** – гравийная обсыпка, **8** – центратор.

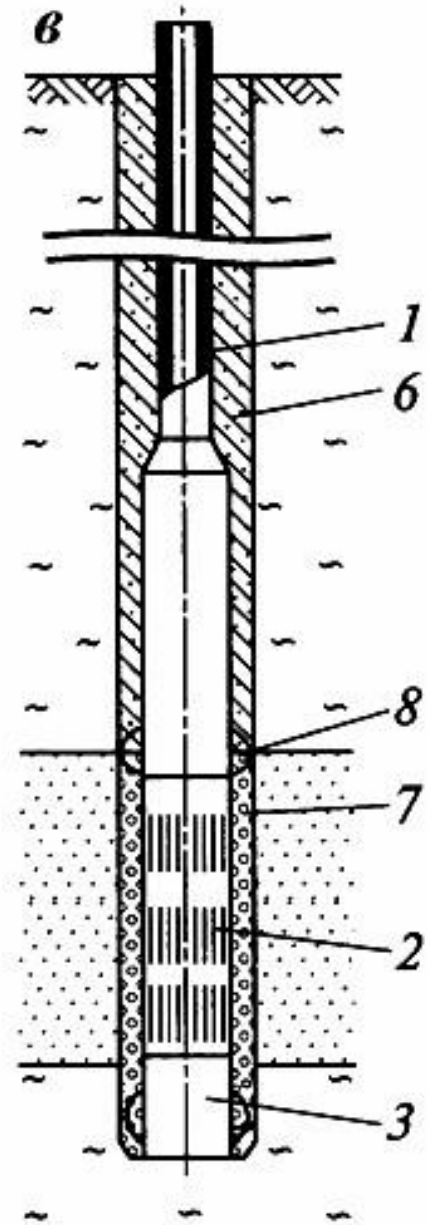




# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

## Конструкция скважины с комбинированной эксплуатационной колонной и эрлифтным подъемом продуктивных растворов

- **Забуривание** скважины и бурение до продуктивного горизонта обычно осуществляются долотами диаметром **295,3; 349,2; 393,7 мм**. **Затрубное пространство** обсадной колонны **цементируется**. Дальнейшее бурение с целью вскрытия продуктивного горизонта осуществляется долотами диаметром 190,5–244,5 мм.
- **Интервал** продуктивного пласта, в котором располагается каркас фильтра с гравийной обсыпкой, **при необходимости расширяется**.
- **Фильтр** вместе с надфильтровым патрубком и отстойником **опускают** в скважину **на бурильных трубах**, соединенных с надфильтровым патрубком с помощью специального переходника, имеющего левую резьбу. Для обеспечения лучшего центрирования фильтра на забое скважины он снабжается двумя направляющими фонарями – на отстойнике и на надфильтровом патрубке (в верхней части).





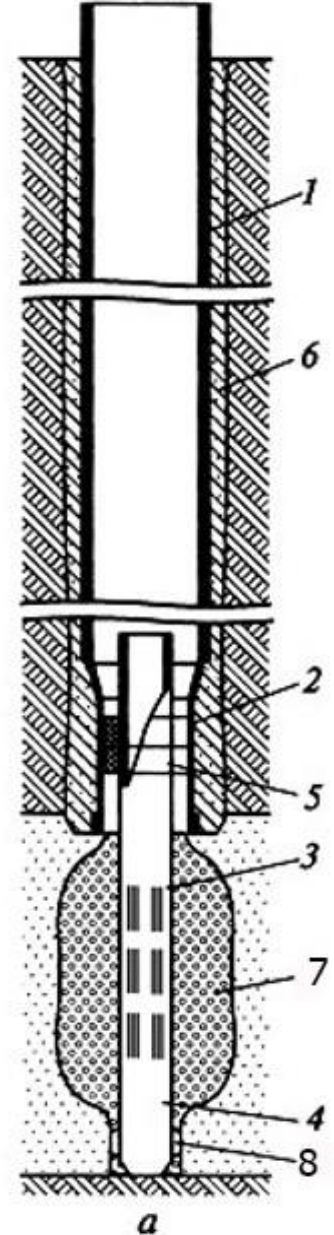
# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

## Конструкция **высокодебитной откачной** скважины

- При сооружении высокодебитных откачных скважин, оборудованных фильтрами с песчано-гравийной обсыпкой, находят применение конструкции, в которых предусмотрена обсадка ствола скважины до кровли продуктивного горизонта трубами из нержавеющей стали, стеклопластика и других, материал которых не подвержен разрушению при действии кислотных растворителей

**1** – эксплуатационная колонна; **2** – хвостовик; **3** – фильтр; **4** – отстойник; **5** – пакер;  
**6** – слой гидроизоляции;; **7** – гравий; **8** – центратор

**Такая же** конструкция скважины, применяется при сооружении откачных скважин **с большой глубины** при наличии неустойчивых интервалов ствола



# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

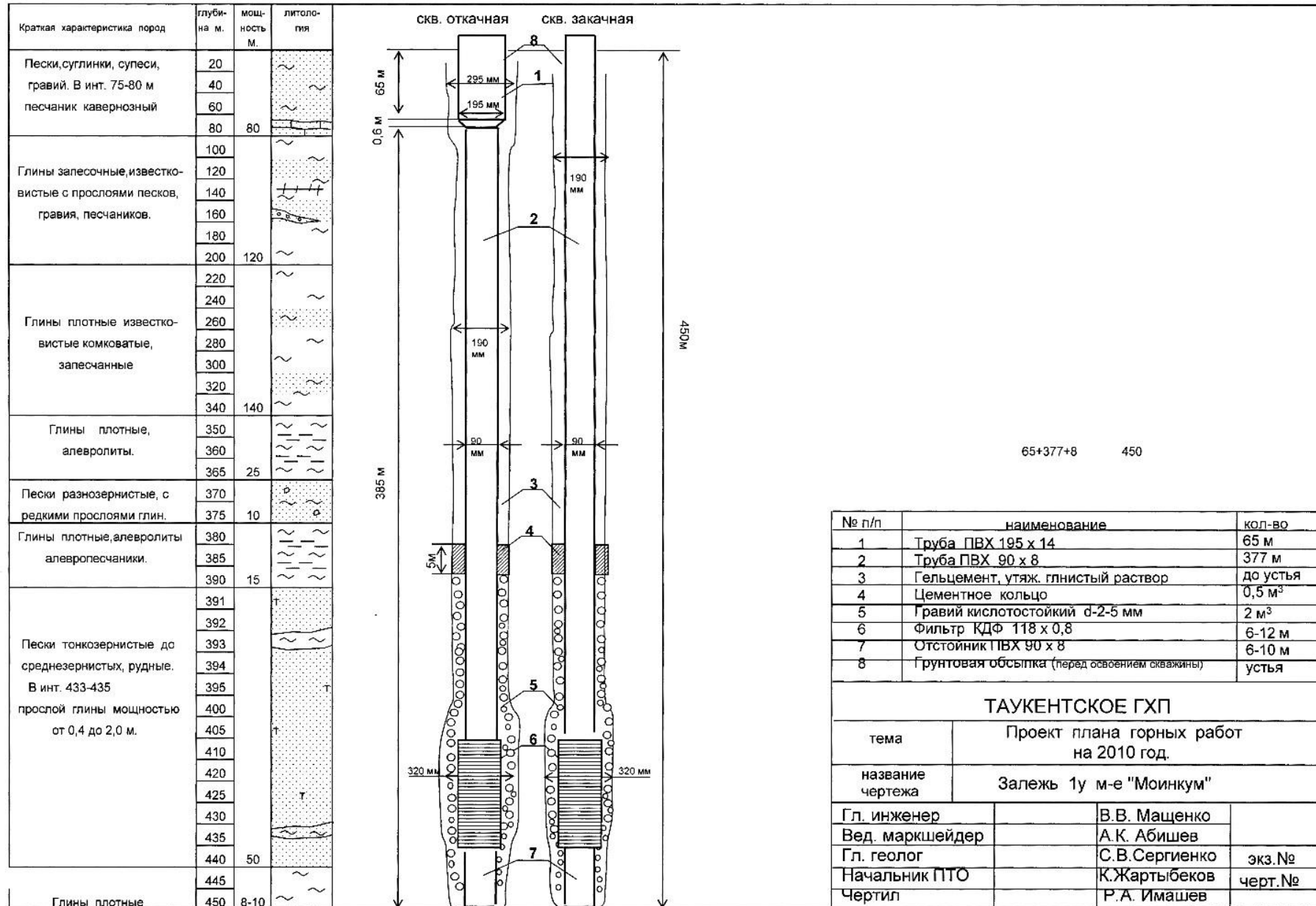
- **Глубины** эксплуатационных скважин подземного выщелачивания **определяются** положением продуктивного горизонта, длиной отстойника и др.
- **Положение рудного пласта определяется** путем взятия геологических проб (кернов) при опережающем бурении скважин малого диаметра в процессе сооружения технологических скважин, также по данным геофизических исследований.
- **Длина отстойника** нагнетательных скважин **определяется** количеством взвесей, находящихся в рабочем растворе, подаваемом в скважину, и временем между профилактическими ремонтами скважин.
- **Обычно длина** отстойников в фильтрах, устанавливаемых в нагнетательных скважинах, **составляет не более 1 %** номинальной глубины скважин, **для откачных скважин эта величина не должна быть более 2 %.**

# Конструкция скважины для подземного выщелачивания урана

- В некоторых случаях при низких уровнях пластового раствора и большой глубине скважин использование эрлифтов в качестве раствороподъемных средств возможно только путем увеличения заглубления смесителя под уровень пластовых растворов. Для этого глубину скважин увеличивают.
- Если при перебурировании скважины ниже рудного горизонта последняя вскрывает водоносный горизонт, то необходимо предусмотреть цементацию затрубного пространства отстойника до нижней границы фильтра.

# Конструкция откачной и закачной скважины Таукентское ГПХ

Конструкция и литологическая колонка откачной и закачной скважины





Крепление  
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
СКВАЖИН





# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

В большинстве случаев подземное выщелачивание рудных полезных ископаемых осуществляется воздействием на пласт кислотных растворителей. При выборе конструкции эксплуатационных скважин для подземного выщелачивания полезных ископаемых с использованием кислотных растворителей металла необходимо учитывать ряд требований, связанных с выбором материала обсадных труб и с гидроизоляцией зон движения промышленных растворов.

К обсадным трубам для крепления и оборудования геотехнологических скважин предъявляются специфические требования, связанные с условиями сооружения и эксплуатации скважин. Основными из них являются следующие:

- **высокая механическая прочность** в условиях горного давления и гидродинамических нагрузок;
- **стойкость** материала труб **к химически агрессивным средам** (рабочим и продуктивным растворам), а также при работе в условиях **низких** и **высоких температур**;
- **высокие адгезионные свойства** или сцепление с различными тампонажными и гидроизоляционными материалами;
- **простота конструкции**, надежность в работе и высокая герметичность соединений труб;
- **невысокая стоимость** труб, обуславливающая рациональную конструкцию скважин.



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

**Правильный выбор** типа труб для обсадных и эксплуатационных колонн геотехнологических скважин определяет работоспособность и срок службы скважин.

В настоящее время для крепления и оборудования геотехнологических скважин широко применяются широко применяются **стальные** (в том числе из нержавеющей стали) и **полиэтиленовые** трубы. **Реже** используются трубы :

- полипропиленовые,
- винилпластовые,
- бипластмассовые,
- трубы из обычной стали, футерованные полиэтиленом,
- стеклопластиковые,
- металлопластовые и др.



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стальные трубы

- Стальные трубы, изготавливаемые по ГОСТ 632–80, широко применяются при обсадке и оборудовании различных вспомогательных скважин (баражные, для гидроразрыва пластов, водопонижительные и др.).
- При добыче металлов методом подземного выщелачивания с использованием кислотных растворителей стальные трубы из обычной стали применяются в качестве обсадных, защитных колонн. В процессе освоения и эксплуатации технологических скважин они должны быть изолированы от контакта с продуктивными и рабочими растворами.
- Обсадные трубы ГОСТ 632–80 выпускаются бесшовными, муфтового соединения с короткой, нормальной и реже удлиненной резьбой.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стальные трубы

- При добыче металлов методом подземного выщелачивания с использованием кислотных растворителей наиболее полно требованиям технологии оборудования скважин отвечают трубы из коррозионно-стойкой стали.
- Однако применение труб из нержавеющей стали для крепления и оборудования технологических скважин ПВ очень ограничено вследствие их значительной стоимости.
- Поэтому в настоящее время трубы из нержавеющей стали применяют только для изготовления фильтров глубоких скважин и скважинного оборудования, а также в качестве раствороподъемных колонн.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стальные трубы

- Трубы из нержавеющей стали изготавливаются по ГОСТ 9940–81 бесшовные, горячедеформированные, коррозионностойкие. Наиболее широко используются трубы из стали марок 10X17H13M2T, 12X18H9, 12X18H10T
- Применяются также при ПВ бесшовные, холоднотянутые, холоднокатаные и
- теплокатаные трубы из нержавеющей стали марок 12X18H10T, 12X18H9 и 10X17H13M2T (табл. 5.4).
- Опыт эксплуатации технологических скважин подземного выщелачивания показал, что применение стальных труб позволяет упростить конструкции скважин, облегчить их оборудование, а в некоторых случаях и снизить стоимость работ.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стальные трубы

- Применяются для ПВ стальные трубы, футерованные полиэтиленом
- При футеровании полиэтиленовая труба свободно (с зазором) вставляется в стальную, затем вся система подвергается совместному волочению. В процессе волочения стальная труба редуцируется на величину зазора плюс 1,5–2 % от диаметра полиэтиленовой трубы.
- Преимуществами футерованных труб являются высокие прочностные показатели (всю эксплуатационную нагрузку несет стальная оболочка) и устойчивость температурах от –40° до +90 °С.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стальные трубы

- Основная причина, сдерживающая применение этих труб для крепления технологических скважин – сложность соединения труб.
- Как при сварке, так и при нарезке резьбы происходит повреждение покрытия и дальнейший коррозионный износ труб в местах повреждения покрытия.
- Кроме того, возможно повреждение покрытия при спуске в обсадную колонну бурового инструмента, вспомогательных устройств и приборов с целью проведения геофизических исследований, отбора проб из продуктивных растворов, ремонте скважин и др.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Стальные трубы

## Физико-механические свойства покрытий

Показатель	Лак этиноль	Сополимер с фурфуролом	Сополимер с каменноугольной смолой (ФЭК)
Твердость (по маятнику)	0,66	0,90	0,90
Сопротивление удару, Н·см Гибкость, мм	120	260	500
Гибкость, мм	10	6	1
Водопоглощение, %	2,3	0,12	0,12
Адгезия, Н/см	–	500	520
Время полного высыхания, мин	–	6	8

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стальные трубы

- Стальные трубы из обычной стали применяются:
  - при обсадке и оборудовании различных вспомогательных скважин:
  - барражных,
  - для гидроразрыва пластов,
  - для водопонижения и др.;
  - в качестве обсадных, защитных колонн при добыче урана методом подземного выщелачивания с использованием кислотных растворителей.
- Использование обычных стальных труб в качестве раствороподъемных возможно при повышении их коррозионной стойкости с применением покрытий поверхности труб кислотостойкими оболочками (футерование, использование лаков и т. д.).
- Эксплуатационные испытания на объектах ПВ показали, что наилучшими, не имевшими признаков коррозионного разрушения, явились следующие покрытия:
  - эпоксидно-каменноугольное,
  - полистирольно-каменноугольное,
  - металлополимерное,
  - перхлорвиниловое (эпоксидный грунт в смеси с химически стойким лаком),
  - эмалированные (силикатно-цинковые).

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Трубы из нержавеющей (**коррозионностойкой**) стали

Наиболее полно соответствуют требованиям технологии оборудования скважин ( в качестве **раствороподъемных**) при добыче металлов методом подземного выщелачивания с использованием **кислотных растворителей**.

- Применение **таких стальных труб** позволяет **упростить конструкции скважин**, облегчить оборудование **скважин**.

**Но при этом!**

- **Применение** труб из нержавеющей стали для крепления и оборудования технологических скважин ПВ очень **ограничено** вследствие их значительной стоимости.
- В настоящее время трубы из нержавеющей стали **применяют** в основном для изготовления **фильтров** глубоких скважин и другого скважинного оборудования.



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Трубы из **неметаллических** материалов

- Наиболее широко применяются трубы, изготовленные из полимеров
- При сооружении технологических скважин подземного выщелачивания с использованием кислотных растворителей трубы из полимеров применяются в качестве обсадных и эксплуатационных колонн, напорных трубопроводов для подачи сжатого воздуха и рабочих растворов в скважину, а также в качестве раствороподъемных труб.
- **Типы труб из неметаллических материалов**
  - полимерные (полиэтилен, полипропилен, винипласт),
  - стеклопластиковые,
  - металлопластовые,
  - бипластмассовые и др.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Трубы из **неметаллических** материалов

- Трубы из полимерных материалов обладают высокой химической стойкостью при работе в различных агрессивных средах, достаточной механической прочностью, возможностью механической и тепловой обработки.
- Важным преимуществом труб из полимеров является низкий коэффициент трения, что позволяет предотвратить отложения различных веществ на стенках труб и снизить сопротивление при движении растворов.
- Они обладают также низкими диэлектрическими показателями и высокой стойкостью против электрохимической коррозии

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Трубы из **неметаллических** материалов

Однако трубы из полимерных материалов имеют **недостатки**, которые необходимо учитывать при эксплуатации:

- **низкие адгезионные свойства** полимерных труб приводят к недостаточному сцеплению цементных и других растворов с поверхностью труб, что способствует ухудшению гидроизоляции зон движения растворов и требуют разработки специальных мероприятий;
- **механическая прочность** труб из полимеров уменьшается при увеличении температуры и нагрузок;
- **величина деформации** полимерных труб и их работоспособность сильно зависят от температуры окружающей среды, при которой осуществляется эксплуатация труб;
- **физико-механические свойства** труб из полимеров **под влиянием солнечной радиации** ухудшаются с течением времени, т. е. наблюдается старение материала труб, в результате чего увеличивается их жесткость и хрупкость.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Трубы полиэтиленовые

- Для оборудования геотехнологических скважин наиболее широко применяются трубы из **полиэтилена низкой** и **высокой** плотности.
- Наиболее широко применяют полиэтиленовые трубы ПЭ 32 и ПЭ 63. Трубы из ПЭ – 32 **менее прочные**, но **более гибкие и имеют меньшую стоимость**. Применение этих труб возможно только в горнотехнических условиях **с высокой устойчивостью стенок скважин**.
- В процессе сооружения и эксплуатации **недопустимы осевые нагрузки**, превышающие **перепады гидростатического давления более 1 МПа**.
- Это условие **ограничивает возможность** применения данного типа труб **в скважинах глубже 100 м**.
- Для оборудования геотехнологических скважин **используют в основном** обсадные трубы из полиэтилена марки **ПЭ–63**.
- Полиэтиленовые **трубы** с наружным диаметром 110 – 200 мм и толщиной стенок до 18 мм по прочности **незначительно уступают** некоторым **типам металлических** и, несмотря на более высокую стоимость, чем ПЭ-32, их широко применяют при сооружении скважин ПВ.
- Особенно **целесообразно их внедрение** там, **где они заменяют** дефицитные и дорогие **трубы из нержавеющей стали**.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Трубы полиэтиленовые

### Прочностные характеристики полиэтиленовых труб

Марка полиэтилена	Длительная прочность, МПа	Допустимое напряжение, МПа
ПЭ 32	3,20–3,99	2,5
ПЭ 63	6,30–7,99	5,0

### Размеры труб из полиэтилена

	Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм
ПЭ 32	10–160	2,0 –20,8
ПЭ 63	16 –355	2,0–32,2

Однако трубы из полиэтилена имеют существенный недостаток – **низкие адгезионные свойства**. Это ведет к **недостаточному сцеплению** цементных и других растворов с поверхностью труб.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Трубы полиэтиленовые

Трубы нПВХ



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Трубы полиэтиленовые

Нарезка резьбы на трубу нПВХ

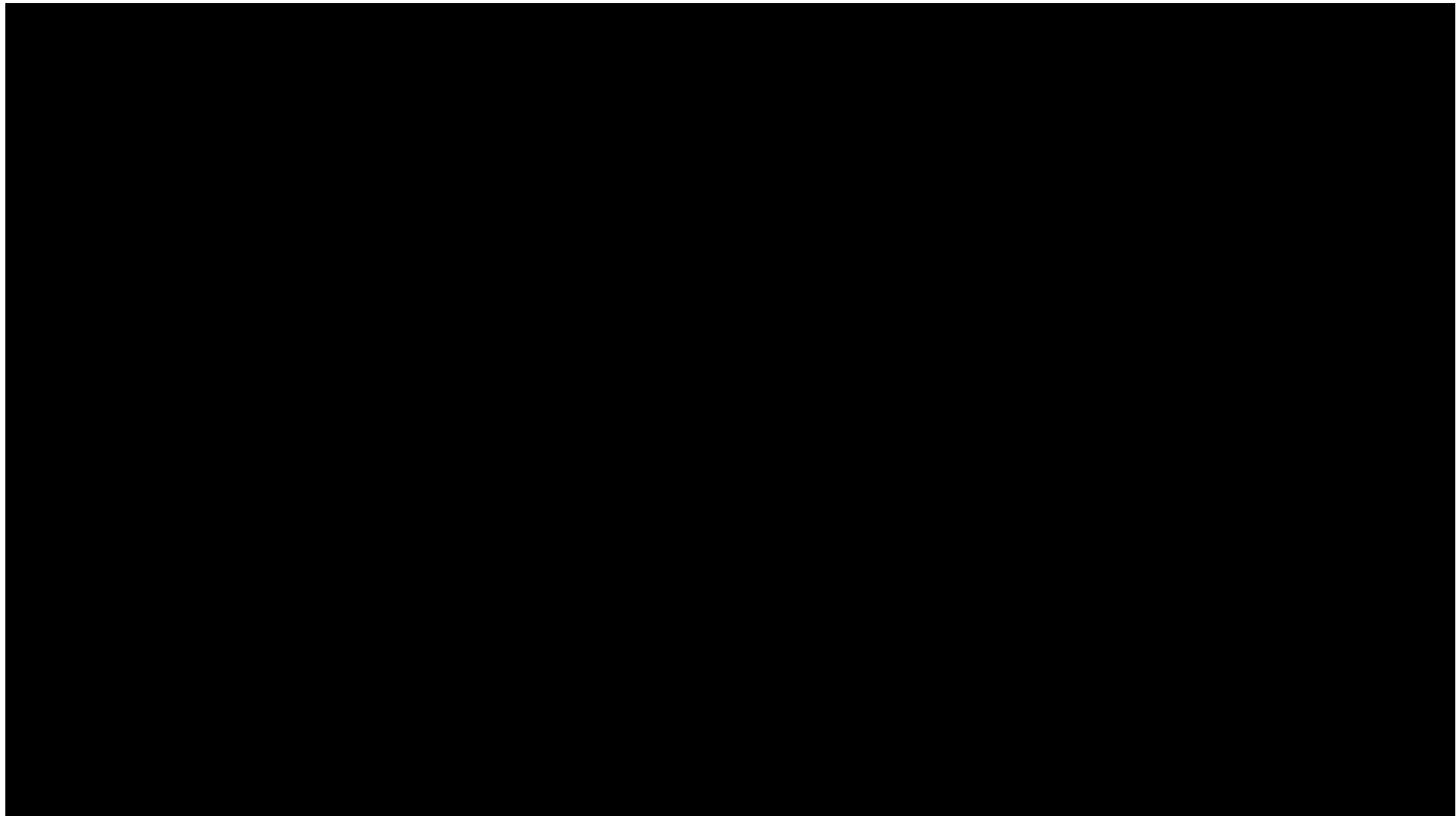




# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Трубы полиэтиленовые

Обсадка гидрогеологической скважины трубами из НПВХ



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Трубы полиэтиленовые

Осмотр обсадной колонны из труб нПВХ на предмет протечки



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Металлопластовые трубы

- Одним из направлений повышения **прочности обсадных полиэтиленовых труб** и увеличения глубины их спуска в скважину **является армирование** полиэтиленовых труб металлическими спиралями или сетками.
- Для крепления технологических скважин ПВ НИИпластмасс разработал **обсадные металлопластовые трубы (МПТ)** на основе полиэтиленовой оболочки и металлической сетки из проволоки диаметром 1,5–2,0 мм. Соединение обсадных труб осуществляется при помощи резьбовых металлопластовых муфт.
- **Важным преимуществом** металлопластовых труб является их высокие прочностные показатели и коррозионная стойкость. Глубины спуска труб в настоящее время превышают **600 м**.
- **Основным недостатком** металлопластовых труб является различие коэффициентов температурного расширения материала арматуры и полиэтиленовой оболочки, что может привести к растрескиванию тела трубы и, как следствие, к последующему разрушению труб в местах повреждения.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Металлопластовые трубы

- Острая необходимость в освоении добычи урана методом ПВ обусловила востребованность обсадного материала, способного выдерживать горное давление на глубинах до 700 м, а также обеспечивать безаварийную работу в течение всего срока работы технологической скважины.
- Обсадные нержавеющие и полимерные трубы имеют определенные недостатки. Нержавеющие трубы в технологических кислых средах обеспечивают работоспособность скважины не более 1 года, а полимерные трубы из-за низких физико-механических свойств не обеспечивают безаварийную работу скважин глубиной более 350 м.
- Предприятием «Мепос» (с 1977 г.) были разработаны и внедрены в практику процесса ПВ урана полимерно-армированные трубы (металлопластовые – МПТ)

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Металлопластовые трубы

Металлопластовые трубы **имеют ряд преимуществ** перед традиционными аналогами, а именно:

- малую массу ( $\rho = 1,70 \dots 1,85 \text{ г/см}^3$ );
- высокая стойкость к воздействию кислот, коррозионных грунтов, бактерий, пластовых вод;
- не подвержены электрохимической коррозии;
- сохраняют работоспособность при низких температурах;
- имеют гладкую глянцевую внутреннюю поверхность, что снижает гидравлические потери (аналог эмалированной трубы) до 25 %;
- препятствуют зарастанию внутреннего сечения;
- легко наносится футеровочный состав для перекачки абразивных составов (пульпы);
- срок службы в 3–5 раз больше чем у металлических труб, что обеспечивает надежную эксплуатацию в течение десятков лет (до 50 лет) без ремонта;
- низкие затраты при монтаже и ремонте;
- малый коэффициент теплопроводности.
- Кроме того, длина трубы ограничивается только возможностью транспортировки к месту монтажа. Неограниченная длина дает возможность изготавливать бесстыковой трубопровод. Следует отметить, что замена металлических трубопроводов полимерными, в т. ч. стеклопластиковыми, является общемировой тенденцией.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Металлопластовые трубы

- **Металлопластовая труба** — это полимерная труба, армированная жестким стальным каркасом, сваренным во всех точках пересечения продольных и поперечных элементов или **металлическими спиралями или сетками**.
- Каркас внутри стенки трубы изолирован от воздействия внешней и перекачиваемой среды полимером.



Каркас

Труба



Образцы конструкций МПП с соединениями



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Металлопластовые трубы

Технология изготовления МПТ



Сварочная машина



Сварка

Одновременно и непрерывно выполняются все необходимые операции:

- экструзия и подача полимера в зону формования,
- формирование и сварка каркаса из проволоки ,
- погружение каркаса в полимер
- формование и охлаждение армированной трубы



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Металлопластовые трубы



**Выход трубы из зоны охлаждения**

## Технология изготовления МПТ



**Резка трубы**

- Для повышения долговечности труб осуществлен метод резкого двухстороннего охлаждения полимерной трубы без использования охлаждающих ванн.
- Система быстрого охлаждения предотвращает образование крупнокристаллической структуры полимера.
- В результате резкого охлаждения одновременно во всей массе экструдированного расплава образуется мелкокристаллическая структура, придающая эластичность полимеру и повышающая долговечность и стойкость к растрескиванию.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Металлопластовые трубы

Технология изготовления МПТ



Соединение

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Металлопластовые трубы

С созданием металлопластовых труб (МПТ) и технологии их производства решена проблема обеспечения качественно новым видом труб, обладающих одновременно:

- **высокими прочностными** качествами, близкие к стальным трубам (благодаря металлическому каркасу). Глубины спуска таких труб превышают 780 м.
- высокой коррозионной химстойкостью и износостойкостью (благодаря полимеру).
- На предприятиях **ПВ редкоземельных металлов** эксплуатируется более 1500 км труб МПТ.
- Металлопластовые трубы имеют стоимость эквивалентную трубам из черного металла **и в разы дешевле** нержавеющей труб.
- Металлопластовые трубы должны выдерживать **50 лет безаварийной работы**. За весь период эксплуатации МПТ (около 30 лет) не было предъявлено претензий к их качеству.
- Соотношение массы полимера и металла в МПТ составляет примерно 50:50. МПТ **легче металлических** труб почти в **3 раза**.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Металлопластовые трубы

- **Глянцевая поверхность** и качество материала, из которого состоит МПТ, позволяет увеличить объем транспортировки на 20-70% при том же перепаде давления по сравнению с металлическими трубами.
- По сравнению с обычными пластиковыми трубами **МПТ позволяет увеличить рабочее давление** в трубах в 4-5 раз. А увеличение рабочего давления позволит применять **трубы диаметром в 2-3 раза меньше**.
- МПТ имеют в **4 и более раз большую износостойкость** по сравнению с металлическими трубами.
- В настоящее время ООО «Мепос» производит МПТ более 240 км в год. Для труб производства ООО «Мепос» в настоящее время используется полиэтилен высокой плотности (ПЭВП), в частности марок ELTEX компании «Solvay Polyolefins Europe» (Бельгия) и стальная проволока общего назначения диаметром 3 мм.



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стеклопластиковые трубы



- **Материалом для изготовления** труб служит **стекловолокно** и связующие вещества в виде смол. При этом тип применяемых смол является определяющим фактором коррозионной стойкости труб. Стеклопластиковые трубы применяются для оборудования технологических скважин глубиной более 300 м для транспортирования рабочих и продуктивных растворов в напорном режиме. Они обладают высокой прочностью и коррозионной стойкостью при работе в агрессивных средах, а также низким коэффициентом гидравлических сопротивлений.
- Стеклопластиковые трубы для напорных трубопроводов разработаны Всесоюзным научно-исследовательским институтом по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ) на эксплуатационное давление 2,5–3 МПа при диаметрах труб 100, 150 и 200 мм. Для оборудования технологических скважин на предприятиях подземного выщелачивания металлов разработаны и изготавливаются стеклопластиковые трубы с резьбовыми муфтовыми соединениями.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стеклопластиковые трубы

### Изготовление труб



- В процессе намотки, волокна ориентируются по необходимому для оптимального восприятия нагрузок направлению.
- Трубы **воспринимают** в скважине помимо внутреннего давления растягивающие нагрузки, поэтому имеют значительное количество продольных слоев в процессе намотки, волокна ориентируются по необходимому для оптимального восприятия нагрузок направлению.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стеклопластиковые трубы

- Трубы и фасонные изделия изготавливаются с **резьбовыми** соединениями.
- В резьбовом соединении «ниппель – муфта» резьба соответствует размерам и профилю треугольной резьбы металлических насосно-компрессорных и обсадных труб с шагом 8 ниток на дюйм .
- Основное отличие заключается в том, что общая длина резьбы стеклопластиковых труб длиннее, чем у аналогичных металлических.





# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стеклопластиковые трубы

## Преимущества стеклопластиковых труб

- трубы из стеклопластика не подвергаются коррозии в силу того, что материал инертен к щелочам, солям, кислотам, а также к кислород- и сероводород-содержащим соединениям, парафиновым и иным твердым осадкам;
- небольшая масса труб гарантирует их высокую прочность (в среднем масса труб из стеклопластика в пять раз меньше массы аналогичного металлического изделия);
- не подвергаются отложениям парафинов, твердых осадков и различных солей;
- гладкая внутренняя поверхность обеспечивает низкое гидравлическое сопротивление;
- уменьшение перепада давления по высоте колонны (при этом возможно использование труб меньшего размера по сравнению с аналогами из металла);
- сокращение затрат на обслуживание и эксплуатацию колонн;
- снижение количества аварийных ситуаций;
- отсутствие необходимости применения ингибиторов коррозии;
- даже при транспортировке агрессивных жидкостей срок службы составит более 25 лет;
- масса труб из стеклопластика в пять раз меньше, чем масса аналогичной трубы из стали;
- профессиональная и оперативная установка конструкции не требует больших затрат.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Стеклопластиковые трубы

Техническая характеристика труб

№	Параметр	Величина
1	Глубина погружения, м.	До 1000
2	Коэффициент запаса прочности	Не менее 2.7
3	Температура транспортируемой среды, °С	До 110
4	Длина трубы, м	до 9

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Стеклопластиковые трубы

В настоящее время **изготавливаются** следующие виды труб:

- стеклопластиковые с внутренним подслоем **из полимерных пленок**;
- стеклопластиковые с внутренним и с внешним подслоем **из базальтовых волокон**;
- стеклопластиковые с внутренним подслоем **из графитизированных волокон**;
- стеклопластиковые с внутренним подслоем **из углеродных волокон**;
- стеклопластиковые с повышенной прочностью **с добавлением волокон**

**органических типа Армос, СВМ, Кевлар.**

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Трубы из поливинилхлорида ПВХ

Обсадные трубы ПВХ **предназначены** для строительства технологических скважин для транспортировки растворов, к которым материал ПВХ химически стоек.

**Преимущества обсадных труб ПВХ** для скважин:

- Срок службы более 50 лет
- Коррозионная стойкость
- Химическая стойкость
- Небольшой вес в сочетании с высокой механической прочностью
- Абсолютная герметичность и надежность резьбового соединения

Удельная плотность труб нПВХ (1,4) больше плотности воды (1).  
Вследствие этого труба из материала НПВХ не всплывает в воде.



# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

Трубы из поливинилхлорида ПВХ

Техническая характеристика труб

## Серия СП

Наружный диаметр	Внутренний диаметр	Толщина стенки	Наружный диам. по раструбу	Насосное оборудов. дюйм	Масса кг/м	Вид резьбы
90	74	8,0	106	3	3,25	Т/Тп
125	107	9,0	129	4	4,90	Т/Тп
140	120	10,0	156	5	6,42	Т/Тп
160	140	10,4	178	5,5	7,00	Т/Тп
165	141	12,0	185	5,5	8,60	Т/Тп
195	167	14,0	214	6	12,25	Т/Тп
200	172	14,0	218	7	12,45	Т/Тп
225	196	14,5	250	8	19,10	Т/Тп
280	243	18,5	309	10	22,21	Т/Т

Стандартная длина труб из ПВХ -- 1000мм, 2000мм, 3000мм, 4000мм. Другие длины по запросу.

Т - трапецидальная резьба;

Тт - трапецидальная резьба, нарезанная в толщине стенки.

# Обсадные трубы для оборудования геотехнологических скважин

## Бипластмассовые трубы

- К ним **относятся трубы**, в которых внутренний слой **обеспечивает** требуемую герметичность и химическую стойкость обсадной или эксплуатационной колонны, а связанный с ним наружный слой служит для обеспечения необходимой прочности и жесткости.
- Роль **внутреннего футеровочного слоя** обычно выполняет **полиэтилен**, а **наружного** слоя – **стеклопластик**. Для повышения адгезии футеровочного слоя к стеклопластику полиэтиленовую пленку облучают электронами высокой энергии.
- Однако **применение** бипластмассовых труб при сооружении геотехнологических скважин **затруднено** из-за потери герметичности в соединениях труб при повреждении полиэтиленовой оболочки в результате отслаивания ее от стеклопластика. Испытания показали, что **наилучшее применение** бипластмассовых труб – **устройство напорных магистральных трубопроводов** для подачи в скважины рабочих растворов.



# Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные факторы влияют на выбор конструкции эксплуатационных скважин?
2. Что необходимо учитывать при выборе конструкции эксплуатационных скважин?.
3. Охарактеризуйте типовые конструкции одноколонных эксплуатационных скважин подземного выщелачивания металлов.
4. Охарактеризуйте типовые конструкции высокодебитных эксплуатационных скважин ПВ.
5. Требования предъявляемые к обсадным трубам для крепления и оборудования геотехнологических скважин.
6. Область рационального применения, преимущества, достоинства, недостатки, стальных труб.
7. Область рационального применения, преимущества, достоинства, недостатки, металлопластовых труб.
8. Область рационального применения, преимущества, достоинства, недостатки, полиэтиленовых труб.
9. Область рационального применения, преимущества, достоинства, недостатки, стеклопластиковых труб.





**Спасибо за внимание !**