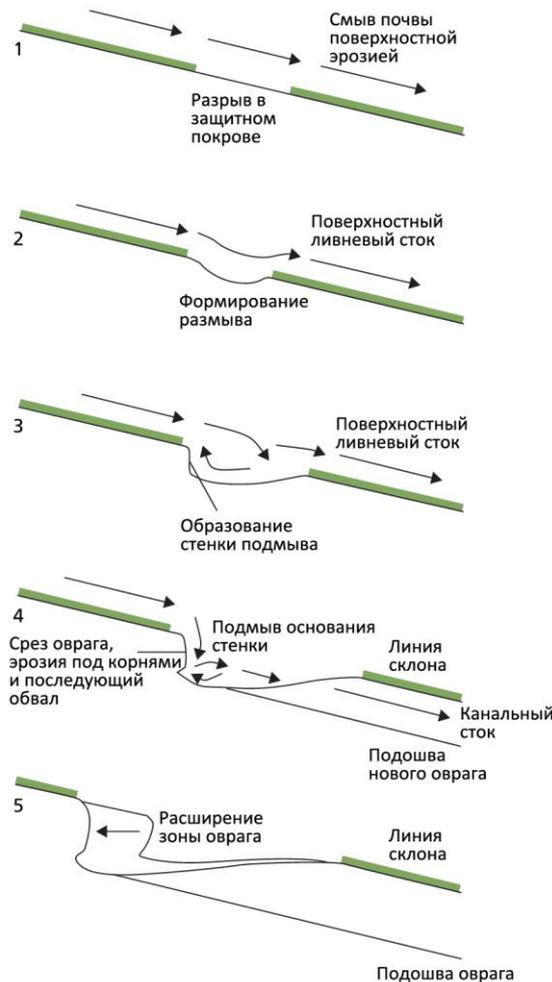




Защита грунтов - от посева трав до подпорных стен.  
Оценка дождевой нагрузки - момент начала стока, объем эрозии.  
г.Калининград, 17-18 сентября 2025г.

# Иллюстрация воздействий на открытый участок склона.



Наиболее опасный вид эрозии для объектов – водная эрозия на склонах.

Эрозия на откосах имеет прогрессирующий характер во времени из-за концентрации стока в промоинах, увеличением скорости тока и механического воздействия на грунт.

Долговременные последствия Э. – ослабление участка даже после качественного ремонта

Активность и незатухающий характер эрозионных деформаций определяют обязательность и срочность укрепления обочин, откосов земляного полотна, а также водоотводных каналов, кюветов и территорий землеотвода.

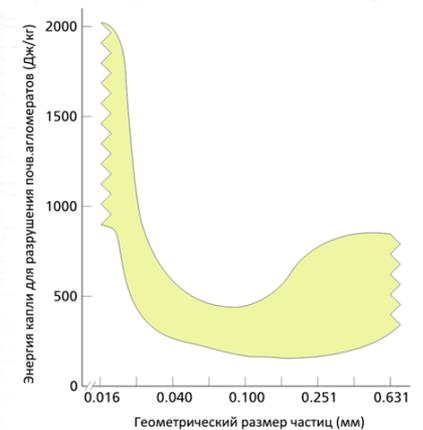
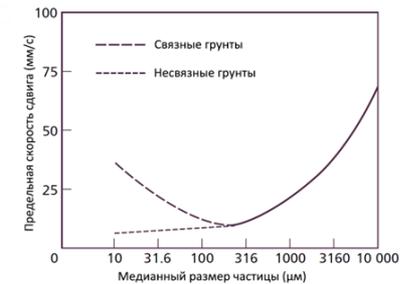


Диаграмма эмпирической зависимости энергии дождя, необходимой для смещения частицы, от размера частицы почвы



Скорость потока, необходимая для сноса частицы грунта



## Проявления эрозии в процессе строительства:



## Проявления эрозии в процессе строительства:



## Проявления эрозии в процессе строительства:



## Проявления эрозии в процессе строительства:



## Важность своевременных и полноценных защитных мероприятий



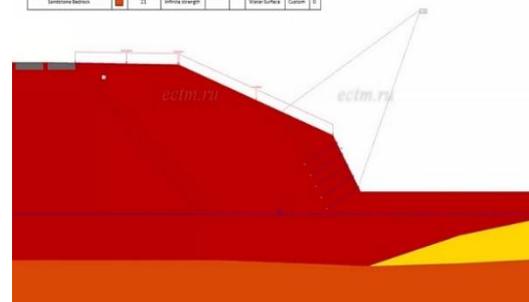
Современное строительство имеет ярко выраженный "интенсивный" характер: ведется объектное уплотнение, задействуются сложные в инженерном плане земельные участки. Важность надежного и рассчитанного укрепления сложно переоценить.

Современные технологии призваны обеспечивать баланс между принципиальной возможностью и экономической целесообразностью.

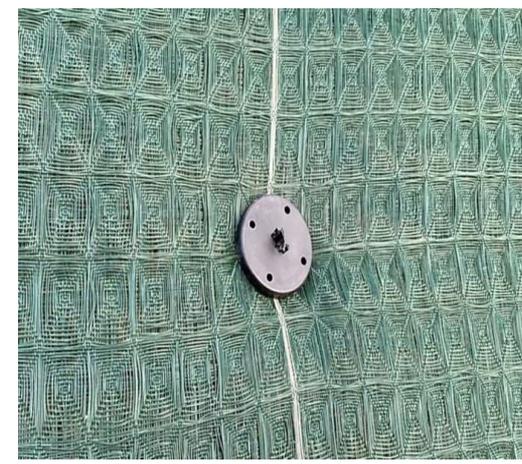
Необходимы как входные данные, так и работающие интерпретации, методики.



| Material Name                       | Color  | Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> ) | Strength Type     | cohesion (kPa) | Phi (deg) | Water Surface | No. Types | No. | Support Name | Color  | Type         | Force Application  | Anchor Capacity (kN) | Dist. @ Force Application |
|-------------------------------------|--------|----------------------------------|-------------------|----------------|-----------|---------------|-----------|-----|--------------|--------|--------------|--------------------|----------------------|---------------------------|
| Structural Embankment Fill          | Red    | 20                               | Moist Claystone   | 0              | 30        | Water Surface | Custom    | 1   | Support 1    | Purple | Dist. Anchor | Water (Structural) | 80                   | 1.0                       |
| Fillable Material/Gravel/Stone Fill | Yellow | 22                               | Moist Claystone   | 0              | 24        | Water Surface | Custom    | 1   |              |        |              |                    |                      |                           |
| Fill Backfill                       | Grey   | 18                               | Moist Claystone   | 0              | 30        | Water Surface | Custom    | 1   |              |        |              |                    |                      |                           |
| Structural Backfill                 | Red    | 21                               | Inertia Straggles |                |           | Water Surface | Custom    | 0   |              |        |              |                    |                      |                           |

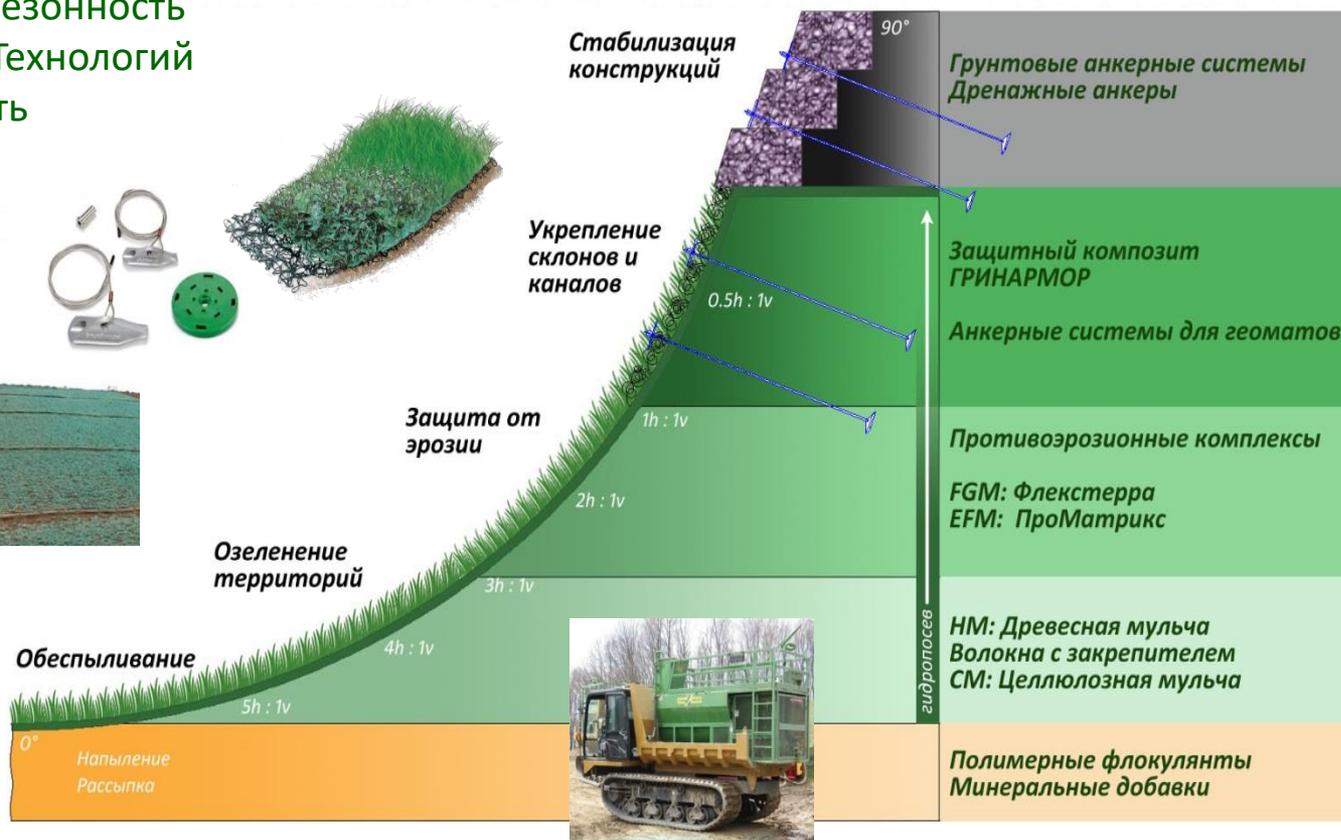


## Пример сочетания технологий в одном объекте



# Дуга соответствия технологий и сложности задачи

- Гибкость: цена/сложность
- Широкая сезонность
- Синергия Технологий
- Надежность



## Свод документов для проектирования противоэрозионных мероприятий:

СП 116.13330 - ИЗ территорий, ЗИС от опасных геологических процессов.

*Глава 5 – Противооползневые, противообвальные СИМ ИЗ*

*Глава 6 – Противоселевые СИМ ИЗ*

*Глава 7 – Противолавинные СИМ ИЗ*

*Глава 8 – Противокарстовые СИМ ИЗ*

*Глава 9 – Берегозащитные СИМ ИЗ*

*Глава 10 – СИМ для защита от подтопления*

*Глава 11 – СИМ для защита от затопления*

*Глава 12 – мероприятия для защиты от морозного пучения*

*Глава 13 – мероприятия для защиты от наледеобразования*

*Глава 14 – мероприятия для защиты от термокарста*

СП 425.1325800 ИЗ территорий от эрозионных процессов. Правила проектирования

СП 436.1325800 ИЗ территорий, ЗИС от оползней и обвалов. Правила проектирования

Альтернативно :

- ГОСТ 17.4.4.03-86 Метод определения опасности эрозии

*ГОСТ 17.5.1.03-86 Классификация вскрышных пород для рекультивации земель*

*ГОСТ 17.4.2.01-81 Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния*

*ГОСТ 17.4.2.01-81 Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния*

*ГОСТ 17.4.2.02-83 Почвы. Номенклатура показателей пригодности нар..пл.слоя почв для землевания*

ОДМ 218.2.078-2016: (типовые) Конструкции укрепления откосов автомобильных дорог :

- Численная эмпирическая модель RUSLE (универсальное уравнение почвопотерь)

## Сравнение: Глава 8.1 СП 425 vs ГОСТ 17.4.4.03-86

### Инструментарий СП 425, гл. 8.1

1. Определение скорости стока воды по параметрам:

- шероховатость поверхности
- функция уклона
- интенсивность стока (поступление - впитывание)

Поступление воды - функция

- расчетной интенсивности осадков (табличка)
- геометрии (твердого) покрытия / вышележ. участка

Впитывание - рекурсивная функция от

- типа грунта (песок, супесь итд)
- разницы поступления и стока / уклон

2. Определение неразмывающей скорости потока, функция

- допустимой ср. скорости потока для типа грунта  
(при глубине потока 1 МЕТР)
- глубина слоя воды (чем больше слой, тем выше н. скор)

Глубина слоя определяется, как степенная функция интенсивности стока / шероховатость и уклон с лимитом сверху

При расчетной скорости стока > неразмывающей п/э мероприятия рекомендуются

### Инструментарий RUSLE (ГОСТ 17.4.4.03-86)

Универсальная формула расчета почвопотерь от эрозии:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

A – потери с единицы площади в год,

R – кф интенсивности/объема осадков

K – кф склонности грунта к эрозии – (ГС, структурности, органики, и пр)

LS – кф геометрии склона (длина, крутизна, профиль)

C – кф защиты (п/э покрытия, растительность, сооружения)

P – кф шероховатости (микропрофиль, продольные/поперечные канавки и тп)

Результат:

количественная оценка эрозионного потенциала участка, анализ эффективности планируемых мероприятий.

## Прямое воздействие капель дождя на грунт.

При дожде капли воздействуют на почвенные агрегаты непосредственно.

Энергия удара зависит от массы (размера) и скорости капли, а медианный размер капель, в свою очередь, пропорционален интенсивности осадков. Интенсивность косвенно может быть определена по объему осадков за день.

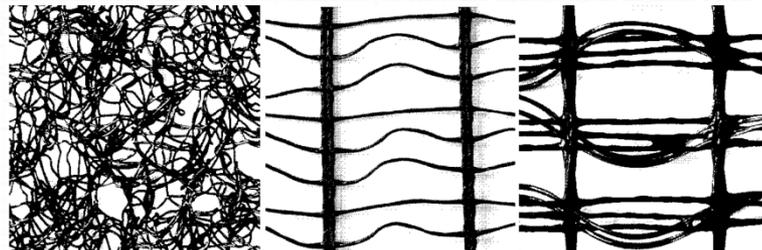
На рисунке капли дождя уменьшены в 2 раза, а частицы грунта – увеличены в 3-5 раз. Таким образом, очевиден факт существенного влияния единичной капли на частицу грунта при прямом попадании.

Опытным путем оценено влияние падения крупных капель – разлет частиц грунта при ударе достигает 2 метров.

Даже на ровных участках может быть водная эрозия почв!

Грунты с большим процентом алевритовых частиц чувствительны к дождям от 6 мм (мы вводим климатический коэффициент  $R_6$ )  
Устойчивые грунты (пески, глины) чувствительны к дождям от 9мм – вводится климатический коэффициент  $R_9$ .

$R$  – индекс дождевой активности (для модели ЭСТМ-RUSLE).



- - Капля при ливне >9мм
- - Капля при ливне ~6мм
- - Капля при умеренном дожде

- - крупный песок
- - средний песок
- - мелкий песок
- - Пылеватые частицы

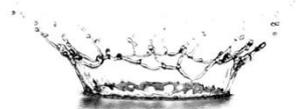
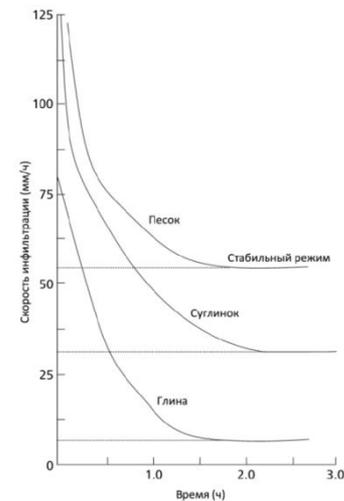
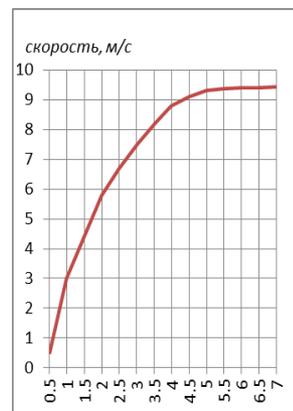


Рисунок. «Корона» дождевой капли при ударе о грунт



# Оценка уровня осадков по данным метеостанций.

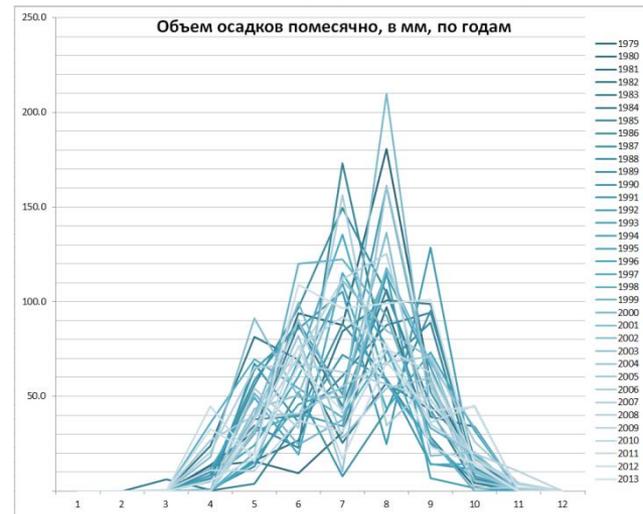
Для расчета индексов дождевой активности, а также, для понимания благоприятных и неблагоприятных периодов проведения работ по защите от эрозии, оцениваются данные погодных станций (РосГидроМет и др).

Предварительно оценивается объем и интенсивность осадков в теплое время года, количество событий с дождями 9+мм, а также обеспеченность «аварийных» событий – 20мм и более

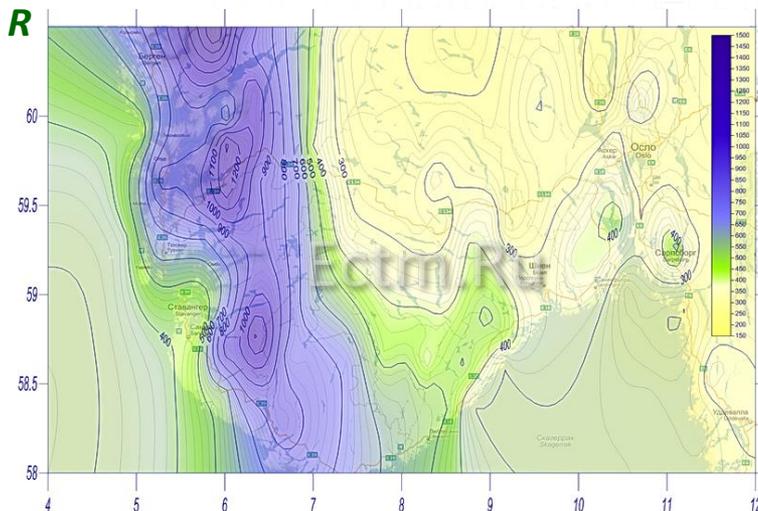
| Частота дождей 20мм |   |   |   |   |   |       |
|---------------------|---|---|---|---|---|-------|
|                     | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Total |
| 1979                |   |   | 1 | 5 |   | 6     |
| 1980                |   |   |   | 1 |   | 1     |
| 1981                |   |   | 1 | 2 | 2 | 5     |
| 1982                | 2 |   |   |   |   | 2     |
| 1983                |   |   |   | 1 |   | 1     |
| 1984                |   |   | 1 | 1 | 1 | 3     |
| 1985                |   |   | 3 | 1 | 1 | 5     |
| 1986                | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 6     |
| 1987                |   |   | 1 | 1 | 1 | 3     |
| 1988                |   | 1 |   |   | 2 | 3     |
| 1989                | 1 |   |   | 1 | 2 | 4     |
| 1990                |   |   |   | 5 | 5 | 10    |
| 1991                | 1 | 1 |   |   | 1 | 3     |
| 1992                |   |   |   |   |   |       |
| 1993                |   | 1 |   | 2 | 1 | 4     |
| 1994                |   |   |   |   |   |       |
| 1995                |   |   | 2 | 1 |   | 3     |
| 1996                |   |   | 2 |   |   | 2     |
| 1997                |   |   |   |   |   |       |
| 1998                |   | 3 | 2 |   |   | 5     |
| 1999                |   |   |   | 1 |   | 1     |
| 2000                | 1 | 2 |   | 4 | 1 | 8     |
| 2001                | 1 |   |   | 1 |   | 2     |
| 2002                |   |   | 2 |   |   | 2     |
| 2003                |   |   |   | 2 |   | 2     |
| 2004                |   | 1 |   |   |   | 1     |
| 2005                |   | 1 | 1 | 1 |   | 3     |
| 2006                |   |   | 2 |   | 1 | 3     |
| 2007                | 1 |   | 1 |   |   | 2     |
| 2008                |   | 1 | 2 | 1 | 1 | 5     |
| 2009                |   |   | 2 |   |   | 2     |
| 2010                |   |   |   |   |   |       |
| 2011                |   | 2 |   |   |   | 2     |
| 2012                |   |   | 1 | 1 |   | 2     |
| 2013                |   |   | 1 | 1 |   | 2     |



| Год  | МЕСЯЦ |   |     |      |       |       |       |       |       |      |     |    | Всего |
|------|-------|---|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|----|-------|
|      | 1     | 2 | 3   | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10   | 11  | 12 |       |
| 1979 |       |   |     | 13.7 | 31.4  | 93.7  | 87.6  | 180.9 | 57.0  | 14.6 |     |    | 478.5 |
| 1980 |       |   |     | 13.4 | 15.5  | 9.4   | 31.0  | 97.2  | 28.4  | 2.3  |     |    | 197.2 |
| 1981 |       |   |     |      | 15.9  | 26.9  | 84.4  | 100.8 | 98.9  | 11.8 |     |    | 338.7 |
| 1982 |       |   |     | 23.7 | 81.3  | 69.4  | 25.5  | 57.1  | 42.7  | 4.3  |     |    | 304   |
| 1983 |       |   | 6.0 | 0.5  | 30.4  | 87.8  | 44.6  | 106.2 | 39.1  | 34.1 |     |    | 348.7 |
| 1984 |       |   | 0.3 | 0.4  | 3.7   | 37.1  | 60.7  | 87.7  | 94.2  | 16.8 |     |    | 300.9 |
| 1985 |       |   |     | 10.2 | 34.5  | 22.9  | 173.1 | 67.0  | 88.9  | 6.8  |     |    | 403.4 |
| 1986 |       |   |     | 6.5  | 55.9  | 96.9  | 149.5 | 194.7 | 45.1  | 19.6 |     |    | 478.2 |
| 1987 |       |   |     | 0.4  | 38.0  | 39.5  | 88.2  | 59.3  | 25.2  | 5.4  |     |    | 256   |
| 1988 |       |   |     | 0.8  | 12.9  | 52.4  | 7.7   | 42.6  | 95.1  | 11.5 |     |    | 223   |
| 1989 |       |   |     | 67.2 | 36.2  | 71.9  | 58.7  | 14.2  | 11.5  |      |     |    | 259.7 |
| 1990 |       |   |     | 8.5  | 58.5  | 89.3  | 50.9  | 160.8 | 52.2  | 12.4 |     |    | 432.4 |
| 1991 |       |   |     | 5.1  | 64.0  | 85.6  | 105.4 | 24.9  | 178.3 | 8.1  |     |    | 421.6 |
| 1992 |       |   |     | 16.7 | 45.8  | 54.2  | 115.8 |       | 6.9   | 1.6  |     |    | 240.8 |
| 1993 |       |   |     | 0.5  | 31.5  | 40.9  | 34.2  | 114.3 | 65.4  | 11.0 |     |    | 297.8 |
| 1994 |       |   |     | 7.1  | 24.0  | 60.6  | 109.7 | 43.5  | 73.1  | 32.0 |     |    | 350   |
| 1995 |       |   |     | 11.8 | 49.2  | 19.3  | 115.2 | 76.6  | 14.0  | 14.2 | 0.3 |    | 300.6 |
| 1996 |       |   |     | 0.1  | 14.9  | 69.0  | 135.3 | 56.7  | 25.7  | 5.7  |     |    | 307.4 |
| 1997 |       |   |     | 35.9 | 69.6  | 54.4  | 39.0  | 73.9  | 33.3  | 19.3 |     |    | 325.4 |
| 1998 |       |   |     | 20.2 | 120.2 | 122.3 |       | 92.7  | 27.7  |      |     |    | 383.1 |
| 1999 |       |   |     | 0.1  | 51.5  | 24.4  | 37.6  | 117.8 | 67.6  | 33.2 |     |    | 332.2 |
| 2000 |       |   |     | 0.5  | 40.1  | 99.4  | 41.5  | 209.7 | 41.5  | 9.7  |     |    | 442.4 |
| 2001 |       |   |     | 18.0 | 91.3  | 49.8  | 49.5  | 136.5 | 18.6  | 20.5 |     |    | 384.2 |
| 2002 |       |   |     |      | 43.3  | 50.8  | 149.3 | 84.8  | 70.3  | 10.0 |     |    | 370.5 |
| 2003 |       |   |     |      | 30.9  | 82.2  | 10.3  | 169.8 | 55.5  | 11.1 |     |    | 351.2 |
| 2004 |       |   |     |      | 38.1  | 90.7  | 28.1  | 54.4  | 59.8  | 5.6  | 0.8 |    | 277.5 |
| 2005 |       |   |     | 26.8 | 39.9  | 40.7  | 55.1  | 68.0  | 70.8  | 26.2 | 4.2 |    | 331.7 |
| 2006 |       |   |     | 54.3 | 33.4  | 139.3 | 34.5  | 57.3  | 1.7   | 1.6  |     |    | 339.3 |
| 2007 |       |   |     | 20.5 | 65.1  | 66.9  | 62.9  | 56.6  | 48.2  | 17.6 | 4.2 |    | 342   |
| 2008 |       |   |     | 33.2 | 71.1  | 111.8 | 125.8 | 35.3  | 20.0  | 10.3 |     |    | 407.1 |
| 2009 |       |   |     | 0.4  | 37.9  | 75.7  | 92.0  | 77.2  | 36.2  | 45.0 |     |    | 364.4 |
| 2010 |       |   | 0.7 | 11.1 | 10.7  | 37.3  | 31.3  | 75.3  | 62.6  | 16.3 | 3.3 |    | 248.6 |
| 2011 |       |   |     | 44.8 | 15.6  | 77.0  | 16.9  | 68.0  | 42.5  | 44.4 |     |    | 309.2 |
| 2012 |       |   |     | 32.7 | 19.4  | 108.9 | 96.4  | 99.2  | 101.3 | 13.8 |     |    | 471.5 |
| 2013 |       |   |     | 5.4  | 17.3  | 66.5  | 42.1  | 77.9  | 23.1  | 14.6 |     |    | 246.9 |

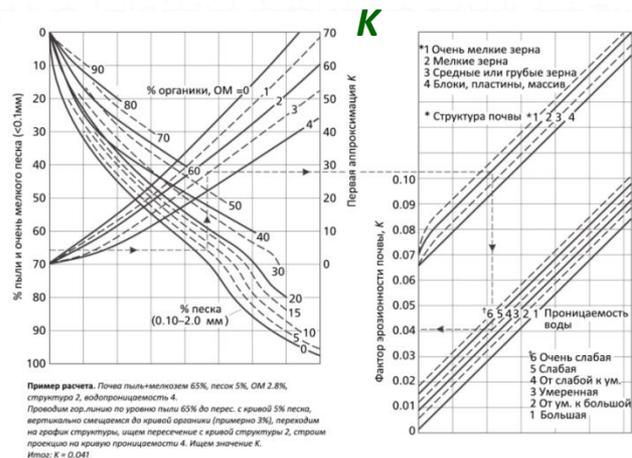


# Расчеты коэффициентов модели



**P**

| Метод   | Значение P-фактора |
|---|--------------------|
| Уплотненная и гладкая поверхность                         | 1.2                |
| Рыхлая поверхность (после вспашки боронования)            | 1.0                |
| Спланированная бульдозером поверхность поперек склона     | 0.9                |
| Грубая поверхность с треками гусениц во всех направлениях | 0.9                |
| Грубая поверхность с гусеничными треками поперек склона   | 0.7                |



**C**

| Продукт   | Значение C-фактора |
|---|--------------------|
| Необработанная почва без покрытия   | 1.00               |
| Гидропосев. Целлюлозная мульча (с закрепителем)                               | 0.65 – 0.85        |
| Георешетка, сотовая/ячеистая структура (1780 г/м <sup>2</sup> )               | 0.50 – 0.75        |
| Гидропосев. Древесноволокнистая мульча с закрепителем                         | 0.35 – 0.50        |
| Полиэтиленовый PP мат (450г/м <sup>2</sup> )                                  | 0.20 – 0.25        |
| Геомат, полиамидные монофиламенты, сл.ор.онт. (260г/м <sup>2</sup> )          | 0.20 – 0.25        |
| Сшитый нетканый полипропиленовый мат (88г/м <sup>2</sup> )                    | 0.06 – 0.10        |
| Сшитая сетка из джута (500г/м <sup>2</sup> )                                  | 0.01 – 0.07        |
| Гидропосев. Противозероизонный комплекс HP-FGM,EFM (400г/м <sup>2</sup> )     | 0.01 – 0.05        |
| Гидропосев. Композит HP-FGM + Геомат полиам.сл.ор.онт. (800г/м <sup>2</sup> ) | 0.001 и менее      |

## Промежуточные выводы:

При проектировании противоэрозионных мероприятий необходимо:

- Определить возможные места образования стока на защищаемые поверхности и канализировать сброс воды по безопасным маршрутам
- Формировать зоны повышенной и сниженной эрозионной нагрузки, с разной степенью защиты, для хорошей модели ТЭО строительства и эксплуатации
- Предусмотреть защитные мероприятия на срок строительства (грунтовых работ)
- При формировании защитного травяного покрова – обеспечить защиту поверхности (п/э покрытия) до «созревания» прочного дерна



## Дополнительные материалы и конструкции:



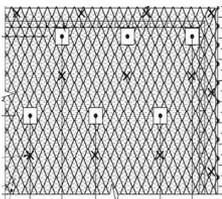
**Проникающие флокулянты** для обеспыливания рабочих площадок, грунтовых дорог, повышения несущей способности временных покрытий



**3D-геоматы + малые грунтовые тросовые анкеры** для стабилизации верхний слоев грунта, защиты от эрозии и послойного сдвига



**Большие самораскрывающиеся грунтовые анкеры** – забивные поворотные анкеры с натяжением тросом или стальной тягой, нагрузкой на точку до 200 кН, для укрепления склонов, котлованов, конструкций на склонах, подводных элементов



**Высокопрочные стальные сетки двойного кручения, канатно-анкерные, канатно-сетчатые системы** – для объединения анкерных полей в единую систему защиты, устройства противокампнепадных завес, противооползневых, противообвальных комплексов. **Габионы, террамеш.**



**Терратубы** - для фильтрации стоков, временной защиты обработанных склонов, микротеррасирования, регулирования ливневых потоков.



**Дренажные анкеры** для снижения порового давления в грунтовом массиве, дренирования воды из пространства за подпорными стенами.

## Дополнительные материалы и конструкции:



**Анкерные и безанкерные системы фиксации** высаживаемых деревьев – крупномеров, организация анкерных точек для фиксации мачт, вышек, архитектурных форм, массивных элементов

**Дренажные ленты для подземного полива** высаживаемых деревьев – крупномеров.



**Плодородный грунтовый концентрат - Проганик** – для модификации «пустых» грунтов в задачах восстановления растительного покрова при благоустройстве и укрепительных работах.



**Биоматериалы** для укрепительных работ и благоустройства – саженцы, крупномеры, кустарники, готовые газоны



**Оборудование** для почвоподготовки, высокоскоростного сева, гидромульчирования.



**Установки для точного перемещения и размещения грунта** на участке, в труднодоступных зонах, а также горных работ (в т.ч. буро-взрывных), рекультивации..

# Пример комплексного решения инженерной защиты



## Пример комплексного решения инженерной защиты



# Стабилизация склонов и рекультивация: Карьеры, терриконы, «хвосты» ТЭС, полигоны ТБО



# Пылеподавление на отвалах мраморного карьера (Южный Урал) Распыление полимера на акриловой основе





Благодарим за внимание

(с) ЭСТМ, 2025  
[www.ectm.ru](http://www.ectm.ru)