

# ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ФГБНУ ФРАНЦ

УДК 631.4: 551.5

DOI: 10.34924/FRARC.2023.61.25.056

## ЭРОЗИИ ПОЧВ НА ВОДОСБОРЕ В ПРЕДЕЛАХ ОВРАЖНО-БАЛОЧНОЙ СЕТИ

**Полуэктв Е. В., доктор с.-х. наук, профессор**

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова  
– филиал Донского государственного аграрного университета,  
Новочеркасск, Российская Федерация

[geo@ngma.su](mailto:geo@ngma.su)

**Реферат.** На водосборах формируется поверхностный и грунтовый сток атмосферных осадков, сток наносов (почво-грунтов) и загрязнений – геосток, что является следствием эрозионных процессов. В пределах водосбора на величину стока и гидравлические показатели водных потоков оказывает большое влияние агрофон и состояние поверхности почвы с которого стекает талая вода, а на интенсивность эрозионных процессов оказывают влияние глубина промерзания почвы, влажность верхнего слоя, запасы воды в снеге, интенсивность снеготаяния. В статье рассмотрена характеристика водороев и величина смыва почвы по ложбинам, лощинам и прямым склонам.

**Ключевые слова:** водосбор, овражно-балочная сеть, водная эрозия почв.

## SOIL EROSION IN THE CATCHMENT AREA WITHIN THE GULLY-BEAM NETWORK

**Poluektov E. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor**

**Abstract.** Surface and ground runoff of atmospheric precipitation is formed in the catchments, sediment runoff (soil-soil) and pollution – geostock, which is a consequence of erosion processes. Within the limits of water collection, the

amount of runoff and hydraulic indicators of water flows are greatly influenced by the agrophone and the condition of the soil surface from which meltwater flows, and the intensity of erosion processes is influenced by the depth of soil freezing, the humidity of the upper layer, water reserves in the snow, the intensity of snowmelt. The article discusses the characteristics of algae and the amount of soil flushing along hollows, hollows and straight slopes.

**Keywords:** catchment area, ravine-girder network, water erosion of soils.

**Введение.** Основной территориальной единицей, в пределах которой необходимо изучать эрозионно-гидрологические процессы, а, следовательно, и проектировать систему почвозащитных мероприятий является овражно-балочный водосбор. В современной научной терминологии понятие «водосбор» определяется как территория, тяготеющая к определенному гидрографическому объекту (ложбина, лощина, суходол, овраг, балка, озеро, река и др.), ограниченная линией, проходящей по наиболее высоким отметкам водораздела. На водосборах формируется поверхностный и грунтовый сток атмосферных осадков, сток наносов (почво-грунтов) и загрязнений – геосток, что является следствием эрозионных процессов, снижающих плодородие почвы.

**Цель исследований.** Определить количественные показатели водной эрозии почв на водосборе по элементам гидрографической сети.

**Объекты исследований.** Элементы гидрографической сети на водосборе склона балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области.

Основными элементами водосбора являются водоразделы, склоны и гидрографическая сеть. Формирования поверхностного стока начинается со склоновых участков, ограниченных водоразделами. С течением времени поверхностный сток вырабатывает совокупность постоянных и временных водотоков, т. е. гидрографическую сеть водосбора.

На гидрографической сети самое верхнее звено водосбора, начинающееся на вершине водосбора – это ложбина, представляющая собой небольшую впадину с симметричными пологими склонами, которая ниже по склону переходит в лощину с покатыми склонами, еще ниже возможно образование оврага, который со временем превращается в балку. Примерные параметры суходольной гидрографической сети приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Примерные размеры суходольной гидрографической сети степной зоны России (по В. М. Ивонину, 2018)

| Звено   | Водосбор, га | Средние размеры, м |         | Крутизна склонов, град. | Использование |
|---------|--------------|--------------------|---------|-------------------------|---------------|
|         |              | ширина             | глубина |                         |               |
| Ложбина | 10-50        | 20-50              | 1-2     | 2-6                     | Пашня         |
| Лощина  | 50-300       | 50-150             | 2-10    | 6-20                    | Луг, лес      |
| Балка   | >250         | 60-200             | 6-20    | 6-35                    | То же         |

Сток талых и дождевых вод происходит по ложбинам и лощинам, которые переходят в овраги и балки, а последние – в долины рек и другие водные объекты. Поэтому в водосборную площадь балки включают водосборную площадь ложбин и лощин, с площади которых происходит сток поверхностных вод. Водосборная площадь каждой балки ограничена водораздельной линией (границей) с водосбором соседней балки.

Данное сочетание элементов гидрографической сети можно сравнить с принципом «матрешки», когда меньшее по размеру звено входит в состав более крупного. Естественно, что при данном сочетании изменяются гидравлические показатели временных водных потоков стока, что влечет за собой изменения в объемах и величине смытой почвы на разных этапах прохождения стока талых и дождевых вод.

**Методы исследований.** Определение смыва и размыва почвы производилось измерением объема водороев по методу Дьякова (1984).

**Результаты и обсуждение.** Как показали наши многолетние исследования эрозионные процессы возникают в период снеготаяния в холодные период года и ливневых дождях теплого периода (Ивонин, 2018; Полуэктов и др., 2022; Полуэктов, Балакай, 2023; Дьяков, 1984). Весной на интенсивность эрозионных процессов оказывают влияние глубина промерзания почвы, влажность верхнего слоя, запасы воды в снеге, интенсивность снеготаяния.

В пределах водосбора на величину стока и гидравлические показатели водных потоков оказывает большое влияние агрофон и состояние поверхности почвы, с которого стекает талая вода. При ровной поверхности поля поверхностный сток практически равномерно стекает со всей площади. Вместе с тем, согласно законам термодинамики, потоки воды стараются обеспечить себе наименьший смоченный периметр, концентрируясь в струи, при этом существенно увеличивается скорость водных потоков, которые уже

обладают повышенной размывающей способностью и смывают почву, оставляя после стока водороины, которые позволяют рассчитать объемы смытой почвы. Исследованиями установлено, что в пиковые периоды стока талых вод скорость водных потоков на ровных участках склона составляет 0,33-0,46 м/сек., а по ложбинам – 0,57-0,83 м/сек. Струи воды концентрируются по потяжинам, которые со временем смывают почву и превращаются в ложбины и т. д. В качестве примера приведем данные многолетних наблюдений по смыву почвы на ровных склонах и на ложбинах (таблица 2).

Таблица 2 – Смыв почвы по ложбинам и со склонов крутизной 2,5-5,5° на черноземе обыкновенном, т/га

| Культура или агрофон | Год исследований | Ложбины          |                             |      |         |      | Склоны           |                             |      |         |      |
|----------------------|------------------|------------------|-----------------------------|------|---------|------|------------------|-----------------------------|------|---------|------|
|                      |                  | Смыв почвы, т/га | Характеристика водороин, см |      |         |      | Смыв почвы, т/га | Характеристика водороин, см |      |         |      |
|                      |                  |                  | ширина                      |      | глубина |      |                  | ширина                      |      | глубина |      |
|                      |                  |                  | min                         | max  | min     | max  |                  | min                         | max  | min     | max  |
| Зябрь                | 1995             | 15,5             | 21,5                        | 33,0 | 11,2    | 14,0 | 20,3             | 6,0                         | 17,1 | 4,2     | 6    |
| Озимая пшеница       | 1995             | 3,2              | 15,1                        | 22,4 | 4,6     | 5,3  | 4,7              | 4,3                         | 15,0 | 1,5     | 3,0  |
| Зябрь                | 1998             | 13,7             | 20,8                        | 47,2 | 18,9    | 25,6 | 22,3             | 10,6                        | 19,3 | 4,7     | 7,8  |
| Озимая пшеница       | 1998             | 6,4              | 11,3                        | 20,6 | 7,3     | 20,5 | 12,6             | 5,8                         | 17,4 | 3,8     | 9,2  |
| Зябрь                | 2003             | 26,8             | 85,0                        | 95,0 | 19,0    | 39,3 | 39,8             | 11,0                        | 45,0 | 6,0     | 19   |
| Озимая пшеница       | 2003             | 14,5             | 37,2                        | 43,4 | 9,2     | 17,1 | 17,4             | 6,0                         | 23,0 | 2,0     | 6,0  |
| Зябрь                | 2006             | 9,7              | 22,5                        | 45,3 | 13,7    | 27,8 | 18,5             | 7,7                         | 17,2 | 4,1     | 9,1  |
| Озимая пшеница       | 2006             | 2,9              | 14,1                        | 31,4 | 7,4     | 13,3 | 16,9             | 5,6                         | 11,3 | 2,9     | 14,3 |
| Зябрь                | 2017             | 29,8             | 45,5                        | 88,4 | 19,3    | 24,8 | 32,0             | 16,0                        | 33,0 | 11,3    | 22,4 |
| Озимая пшеница       | 2017             | 15,8             | 21,03                       | 77,4 | 11,1    | 19,6 | 19,3             | 9,3                         | 24,5 | 4,2     | 7,9  |

Согласно полученным натурным данным морфологические показатели водороин (ширина и глубина) по ложбинам значительно превосходили параметры водороин на ровных участках склонов. На склонах поперечное сечение водороин в устье водотока в 4-5 раза меньше, чем на ложбинах.

Особенно глубокие водороины формировались на участках с отвальной зябью, которые характеризовались рыхлым сложением пахотного горизонта. Величина объемной массы в слое 0-30 см в среднем составляла 1,08-1,19 г/см<sup>3</sup>. На посевах озимой пшеницы более высокая плотность сложения пахотного слоя (1,13-1,26 г/см<sup>3</sup>) и хорошо развитая в осенний период корневая система препятствовала размыванию дна ложбин. В соответствие с

этим смыв почвы, а, следовательно, и дальнейшее увеличение параметров ложбин были здесь гораздо меньше, чем на зяби.

На ровных участках склона смыв почвы достигал больших размеров по отношению к ложбинам, что связано с небольшим количеством последних в пределах водосбора. Если взять в целом весь склон, то в годы с интенсивным проявлением эрозионных процессов от доли общих потерь почвы, на ложбины приходилось до 40 %.

Следующей ступенью гидрографической сети на пути эрозионных потоков является лощина. Они располагаются в нижней части склона и впадают в овраг или балку. В качестве объектов наблюдений служили лощины на склонах западной и северо-восточной экспозиций.

На склоне западной экспозиции в прибалочной лесной полосе посадки 1967 года, которую пересекали несколько лощин, был заложен в 1978 году опыт с гидросооружениями: вал, совмещенный с канавой заполняемой соломой. Наблюдения с 1978 года по настоящее время показали, что в первоначальный период (1978-1981 гг.) глубина промоин на контроле (без гидросооружений) по руслу лощины под пологом деревьев составляла 15-19 см, ширина 30-46 см. На вариантах лесной полосы, совмещенной с гидросооружениями, глубина водороев не превышала 8 см, а ширина 12-17 см и то, только при входе в лесную полосу. Через 3-4 м водоройна исчезала за счет подпора талых вод земляным валом на нижней опушке насаждений. После пыльных бурь зимой и весной 1984 года лощина была занесена слоем мелкозема и снега мощностью от 40 до 140 см. После весеннего снеготаяния мощность наносов уменьшилась на 30-100 см. На контроле мощность наносов, отложившихся в лесной полосе, составила 45-50 см.

Прошедшие в конце мая два ливня с общей суммой осадков 44,8 мм и интенсивностью в пределах 1,48 мм/мин вызвали интенсивный смыв почвы на поле перед лесной полосой занятой кукурузой до 31-52 т/га. При входе в лесную полосу ширина водоройны составляла 397 см, а глубина 11,0 см. Уже в конце третьего междурядья лесной полосы она рассредоточилась, так как поток воды, встречая на своем пути подпор в виде наносов и водоудерживающего вала, резко гасил скорость, и вся почва, поступающая с потоком воды, оседала в лесной полосе. На контрольном варианте ливневые потоки промыли русло через всю лесную полосу шириной 100 см и глубиной 55 см. Вместе с тем размывов на склоне балки не наблюдалось.

Эрозионные процессы, сопровождающиеся стоком талых и дождевых вод, были зафиксированы на контрольном варианте в 1991, 1994, 1995, 1997, 1998, 2003, 2006, 2014, 2017 и 2023 годах. Наиболее интенсивный сток талых вод наблюдался в 1988 году – 33,8 мм, 2003 году – 63,9 мм, 2006 – 24,6, 2014 – 14,3, 2017 году – 19,3 мм и в 2023 году 10-14 мм. На вариантах с гидросооружениями сток был на 5-12 мм меньше, чем на контроле и задерживался в лесной полосе.

Обследование вариантов опыта в лесной полосе в 2018 и 2022 годах позволило установить следующее. На контроле, при входе в лесную полосу, четко прослеживается водоток шириной 130 см, глубиной до 21 см. Он проходит через всю лесную полосу с параметрами на выходе: ширина 132 см, глубина 50 см. Сразу за лесной полосой сформировался линейный размыв в виде склонового оврага, который имел следующие параметры: при выходе из лесной полосы ширина 285 см, глубина 218 см. Длина склонового оврага от лесной полосы до временного водотока – дно балки, составила 16 м.

На вариантах с водоудерживающими гидросооружениями изначальные размывы имели место только лишь при входе водороины по водотоку лоцины в лесную полосу шириной 50-75 см и глубиной не более 6 см.

В связи с тем, что гидросооружения в виде вала были практически полностью заилены мелкоземом, принесенным с поля, в отдельных местах имелись небольшие промоины на самом валу, но их глубина не превышала 3-4 см. Линейных размывов за гидросооружениями, поросшими многолетними травами, не наблюдалось.

На склоне северо-восточной экспозиции замеры размыва по дну лоцины, проведенные в 2006 году, когда на поле были посеы озимой пшеницы, а слой стока составил 25,9 мм, составили глубиной 8-17 см, при ширине водороин 31-57 см. Масса смытой почвы была около 15 т/га. Несколько в ином плане развивались процессы эрозии в феврале 2017 года, когда снеготаяние сопровождалось выпадением дождя слоем 13,6 мм. Потоки воды в лоцине достигали скорости 0,87-1,01 м/сек., что намного увеличило кинетическую силу потока и размыв почвы. Глубина размыва достигала 63 см, а ширина 108 см. Смыв почвы составил 34,9 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Смыв почвы по лоцинам на склонах крутизной 8-10°, т/га

| Культура или агрофон | Год исследований | Ширина водороины (размыва), см | Глубина водороины (размыва), см | Смыв почвы, т/га |
|----------------------|------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------|
| Озимая               | 2006             | 31-57                          | 8-17                            | 14,9             |

|         |      |        |       |      |
|---------|------|--------|-------|------|
| пшеница |      |        |       |      |
| Зябрь   | 2017 | 68-108 | 44-63 | 34,9 |

Каждый овражно-балочный водосбор это не только сформированная в течение длительного времени гидрографическая сеть, но и склоны различной крутизны, экспозиции, а также различные типы водосбора (прямые, собирающие, рассеивающие), каждый из которых характеризуется своей особенностью протекания эрозионных процессов. Согласно проведенным исследованиям на прямых склонах формирование поверхностного стока и смыв почвы на пашне начинает проявляться с уклона 0,4-0,6°, что не оказывает заметного влияния на плодородие почвы. С увеличением крутизны склона увеличивается степень эродированности почвы и снижается плодородие. На слабопологих склонах до 2,5-3° образуются слабо эродированные почвы, потерявшие до 10-15 см гумусового слоя. На склонах до 4-4,5° формируются почвы среднеэродированные и на склонах 4,5-5,0° и более формируются почвы сильноэродированные. На интенсивность смыва почвы и степень эродированности оказывают влияние множество факторов, но наиболее существенны экспозиция, форма склона, уклоны, удаленность от водораздела, условия увлажнения и др.

В качестве примера приведем усредненные данные по влиянию крутизны и длины выпуклого склона с уклонами от 0,4 до 6,0° на интенсивность эрозионных процессов и смыв почвы на чистом пару при выпадении ливней и на отвальной зяби при снеготаянии за период 1973 по 2021 годы (таблица 4).

Таблица 4 – Смыв почвы на прямых склонах, т/га

| Крутизна склона, градус | Расстояние от водораздела, м | Смыв почвы на чистом пару от ливневых дождей, т/га | Смыв почв на зяби во время снеготаяния, т/га |
|-------------------------|------------------------------|--|--|
| 0,4                     | 50                           | 1,9  | 0,5  |
| 0,8                     | 100                          | 4,5  | 2,1  |
| 1,2                     | 150                          | 7,7  | 5,3  |
| 2,6                     | 200                          | 15,1   | 7,0  |
| 3,0                     | 250                          | 19,1   | 10,6   |
| 3,5                     | 300                          | 26,9   | 14,3   |
| 3,8                     | 350                          | 30,1   | 16,8   |
| 4,1                     | 400                          | 32,7   | 13,7   |
| 4,8                     | 450                          | 35,9   | 19,4   |
| 5,2                     | 500                          | 44,9   | 21,4   |
| 5,5                     | 550                          | 68,2   | 30,7   |
| 6,0                     | 600                          | 69,7   | 39,6   |

Величина смытой почвы во время ливней учитывалась при интенсивности дождя 1,6-2,2 мм/мин, а во время снеготаяния при слое стока от 15 до 65 мм. Если условно разделить склон, используемый под пашню от водораздельной линии до бровки балки на несколько участков, то величина смыва почвы от ливневых дождей на чистом пару и от стока талых вод на отвальной зяби имеет следующую тенденцию (рисунок 1).

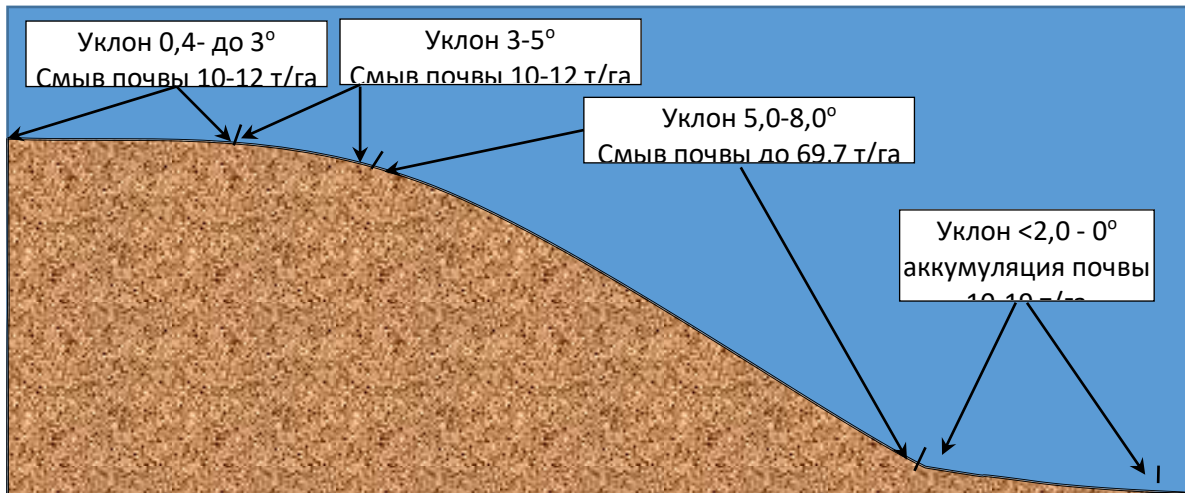


Рисунок 1. Схема смыва почвы на склоне

На верхней трети склона с уклонами от 0,4 до 3° расположены незэродированные и слабоэродированные почвы, величина смыва почвы не превышает 10-12 т/га. В средней части выпуклого склона крутизной от 3 до 5° почвы слабо и среднеэродированы, смыв почвы составляет 14-19 т/га. На нижней части склона с уклонами более 5° почвы средне и сильноэродированы, смыв почвы достигает на чистом пару до 69,7 т/га. В этой части склона плоскостной смыв плавно переходит в линейный по ложбинам и лощинам, о чем было сказано выше. Овраги и балки являются конечным звеном водосбора. Их берега, в зависимости от стадии развития эрозионных процессов, чаще всего представлены обнажением почвообразующих и подстилающих пород или примитивными слаборазвитыми почвами. Процессы эрозии могут достигать значительных размеров – до 60-80 т/га и более. Вместе с тем днища балок аккумулируют принесенную с водосбора смытую почву, при этом здесь формируются дерново-намытые почвы со значительной мощностью гумусового горизонта.

### Выводы

1. В пределах водосбора на величину стока и гидравлические показатели водных потоков оказывает большое влияние агрофон и состояние



поверхности почвы, с которого стекает талая вода, а на интенсивность эрозионных процессов оказывают влияние глубина промерзания почвы, влажность верхнего слоя, запасы воды в снеге, интенсивность снеготаяния.

2. На верхней трети склона с уклонами от 0,4 до 3° расположены неэродированные и слабоэродированные почвы, величина смыва почвы не превышает 10-12 т/га. В средней части выпуклого склона крутизной от 3 до 5° почвы слабо и среднеэродированы, смыв почвы составляет 14-19 т/га. На нижней части склона с уклонами более 5° почвы средне- и сильноэродированы, смыв почвы достигает на чистом пару до 69,7 т/га плоскостной смыв плавно переходит в линейный и образует лощины и овраги. В нижней части склона уклон уменьшается и происходит аккумуляция почвы, смыв почвы снижается до 10-19 т/га. Овраги и балки являются конечным звеном водосбора.

3. Исследования показали, что в пиковые периоды стока талых вод скорость водных потоков на ровных участках склона составляет 0,33-0,46 м/сек., а по ложбинам – 0,57-0,83 м/сек. Струи воды концентрируются по потяжинам, которые со временем смывают почву и превращаются в ложбины.

4. Наиболее интенсивный сток талых вод наблюдался по годам: в 1988 году – 33,8 мм, 2003 году – 63,9 мм, 2006 – 24,6, 2014 – 14,3, 2017 году – 19,3 мм и в 2023 году 10-14 мм. На вариантах с гидросооружениями и мелиоративными защитными лесными насаждениями сток был на 15-55 мм меньше, чем на контроле и задерживался в лесной полосе.

## Литература

1. Ивонин В.М. Лесомелиорация ландшафтов: учебник / В.М. Ивонин – Новочеркасск: Лик, 2018. – 216 с.

2. Условия формирования поверхностного стока. Прогноз причиняемого ущерба. Компенсационные мелиоративные мероприятия / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов и др. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 450 с.

3. Полуэктов Е.В., Балакай Г.Т., Тищенко А.П. Ливневая эрозия на обыкновенных черноземах. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 2 (86). С. 127-134. DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-29-43.

4. Полуэктов Е. В., Балакай Г. Т. Эрозионные процессы при стоке талых вод на юге европейской части России // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 1–18. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-1-18>. doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-1-18

5. Дьяков В.Н. Совершенствование метода учета смыва почв по водороинам // Почвоведение. 1984. № 3. С. 146-148.

УДК 631.41

DOI: 10.34924/FRARC.2023.10.75.057

## **ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ: СТАТУС И ФУНКЦИИ**

**Безуглова О.С., д.б.н., профессор**

Южный федеральный университет,  
Федеральный ростовский аграрный научный центр,

[lola314@mail.ru](mailto:lola314@mail.ru)

**Реферат.** Многообразие функций гумуса (аккумулятивная, транспортная, регуляторная, протекторная, физиологическая) обуславливает актуальность и важность сохранения гумусного состояния почв. Однако в почвах Ростовской области в настоящее время наблюдается стагнация содержания гумуса на уровне 3% в черноземах и менее 2% – в каштановых, что обусловлено изменением качественного состава органического вещества – преобладанием инертных форм, слабо участвующих в формировании почвенного плодородия. Внедрение в структуру посевных площадей сидератов и севооборотов с выводным полем многолетних трав – представляется реальным решением для восстановления гумусного статуса почв.

**Ключевые слова:** гумус, черноземы, каштановые почвы, восстановление плодородия, сидераты.

## **ORGANIC MATTER IN ROSTOV REGION SOILS: STATUS AND FUNCTIONS**