

## **Лабораторная работа 4. ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ ЭРОЗИИ ПОЧВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ**

*Вводные пояснения.* Эрозия – это процесс разрушения и снос верхнего, наиболее плодородного слоя почвы потоками воды (водная эрозия) или ветром (ветровая эрозия) [15].

Эрозия – глобальное явление, которое наблюдается во всех частях света и является наиболее распространенным видом деградации почв и ландшафтов. Эрозия почв наносит большой урон народному хозяйству, и в первую очередь земельным ресурсам, окружающей среде. С экономической стороны происходит полное уничтожение почвы (линейная эрозия), частичное или полное удаление верхнего плодородного горизонта, что сокращает площади обрабатываемых сельскохозяйственных земель [3].

На территории Беларуси развивается эрозия почв всех трех видов: водная, ветровая (дефляция) и ирригационная, однако наибольший вред наносит именно водная эрозия. Ее воздействию в той или иной степени подвержены все пахотные земли, расположенные в условиях сложного рельефа. Наряду с плоскостной эрозией довольно интенсивно развивается процесс линейного размыва и образования оврагов. В результате овражной эрозии сокращается площадь пахотных земель, понижается уровень грунтовых вод, возникают трудности с использованием сельскохозяйственной техники [9].

Переносимые почвенные частицы, особенно при дефляции (по воздуху), повреждают сельскохозяйственные культуры. А при их массовом отложении посевы и вовсе могут быть полностью покрыты частицами почвы, что приводит к гибели сельскохозяйственных культур. Скорость дефляции определяется силой ветра, температурным режимом, составом покровных отложений, рельефом, влажностью воздуха и др. Сильные ветры приводят к возникновению пыльных бурь, особенно в апреле – мае, когда выпадает мало осадков, вследствие чего распаханная почва, не занятая растительностью, быстро пересыхает и развевается.

Способность почвы противостоять эрозии называется противозерозионной устойчивостью. К основным показателям, которые определяют противозерозионную устойчивость, относятся: водопроницаемость, гранулометрический состав, структура, водопрочность агрегатов, влажность, содержание гумуса, плотность почвы и др. Цель лабораторной работы заключается в детальном изучении факторов проявле-

ния водной и ветровой эрозии почв, освоении методики оценки эрозионной опасности использования земель и обоснования комплекса противоэрозионных мероприятий [9].

*Рекомендации по выполнению задания.* Используя исходные данные, заполнить тематические таблицы, вычертить картосхему с отображением эрозионно опасных ландшафтов, выполнить необходимые пояснительные записи к анализируемым данным.

*Общий порядок выполнения задания.*

1. Охарактеризовать рельеф анализируемой территории землепользования как фактора проявления эрозионных процессов.
2. Выявить эрозионно опасные зоны землепользования.
3. Рассчитать степень эрозионной опасности использования сельскохозяйственных земель на территории землепользования.
4. Дать краткое эколого-экономическое обоснование противоэрозионных мероприятий.
5. Сформировать картосхему крутизны склонов территории землепользования.
6. Выполнить построение картосхемы эродированных земель территории землепользования в ПО AutoCAD.

*Исходные данные и материалы.*

1. Ландшафтная карта Республики Беларусь масштаба 1:600 000.
2. Атлас ландшафтных карт административных районов Беларуси масштаба 1:600 000.
3. Характеристика основных типов природных ландшафтов на территории Беларуси.
4. Почвенная или земельно-кадастровая карта анализируемой территории землепользования.

Средства картометрического и аналитического изучения объекта (курвиметр, палетка, измеритель, масштабная линейка, микрокалькулятор, сканер, программное обеспечение на ПЭВМ).

### **Задание 13. Характеристика факторов проявления эрозионных процессов на территории землепользования**

*Цель задания:* выявить и охарактеризовать факторы проявления и протекания эрозионных процессов на анализируемой территории землепользования.

*Указания по выполнению задания.* По имеющимся исходным картографическим материалам – ландшафтной и почвенной картам проанализировать интенсивность протекания эрозионных процессов на тер-

ритории землепользования. Используя шкалу относительных высот, охарактеризовать рельеф местности и глубину его расчленения, крутизну склона. На завершающем этапе оценить состояние балочной сети местности в разрезе урочищ и линий стока.

*Краткие пояснения.* Проявление эрозионных процессов на территории Республики Беларусь носит зональный характер. Именно поэтому эрозионно опасные районы в нашей стране объединены в три почвенно-эрозионные зоны: северную, центральную и южную [13].

Условием проявления водной эрозии является формирование поверхностного стока воды. Основными формами водной эрозии являются: поверхностная или струйчатая (проявляется при движении воды небольшими струйками) и линейная или овражная (проявляется при движении воды крупным потоком). Основными характеристиками, влияющими на интенсивность водной эрозии, являются: длина, крутизна, форма, экспозиция склонов, а также площадь и форма водосбора и глубина базиса эрозии. Водная эрозия почв наносит существенный экономический и экологический ущерб. Продукты водной эрозии почв приводят к загрязнению водных объектов, ухудшению качества поверхностных и грунтовых вод, негативно влияют на биологическое разнообразие водных и околоводных экосистем.

Ветровая эрозия проявляется в любых условиях рельефа, однако формы рельефа в значительной мере могут усиливать или ослаблять дефляционное действие ветра, создавая на его пути препятствие или усиливая скорость воздушного потока. Ветровая эрозия подразделяется: на местную (проявляется на распыленной сухой почве при малых скоростях ветра, например, 4–8 м/с) и на пыльную бурю (проявляется при высоких скоростях ветра). Ветроэрозионная деградация почв создает напряженную экологическую ситуацию, ухудшает качество окружающей среды, снижает производительность агроэкосистем, уменьшает почвенные ресурсы страны и ухудшает их качество, что в конечном итоге приводит к бороздovому выдуванию с образованием глубоких рытвин (кольвегов) [3].

Мониторинг эрозии почв – один из видов специального мониторинга почв, который реализуется на национальном, региональном и локальном уровнях. Наблюдения за состоянием почвенного покрова земель, подверженных эрозионным процессам, проводятся с целью выявления изменений физико-химических, агрофизических и агрохимических свойств почв, происходящих под воздействием всех трех видов эрозии почв [2].

### 13.1. Способы выявления эрозионно опасных участков землепользования по топографическим планам

На начальном этапе выполнения задания следует вспомнить основные и специальные условные знаки, с помощью которых изображается рельеф на топографических планах и ландшафтных картах.

С этой целью предлагаем обратиться к прил. 19 и вспомнить формы и методы отображения рельефа на специальных картографических материалах. Таким образом, рельеф на топографических планах и ландшафтных картах изображается горизонталями. Далее следует вспомнить понятие высоты сечения рельефа ( $h$  – расстояние между смежными горизонталями по высоте) и заложения горизонталей ( $a$  – расстояние между двумя смежными горизонталями в плане). Так, горизонтали на карте можно рассматривать как проекции сечения местности уровнями поверхностями, проведенными на определенных высотах  $h$  (рис. 54).

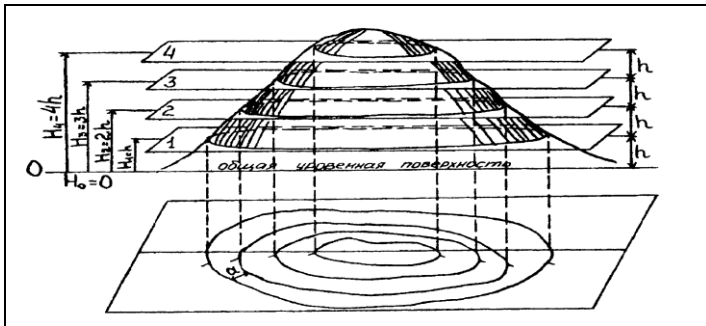


Рис. 54. Принцип изображения рельефа горизонталями

Например, с помощью горизонталей можно определить для хребта линию водораздела, а для лоцины – линию водослива (тальвега). Так, для небольшого участка реки, пруда или озера можно отграничить водосборную площадь линиями водоразделов так, как показано на рис. 55.

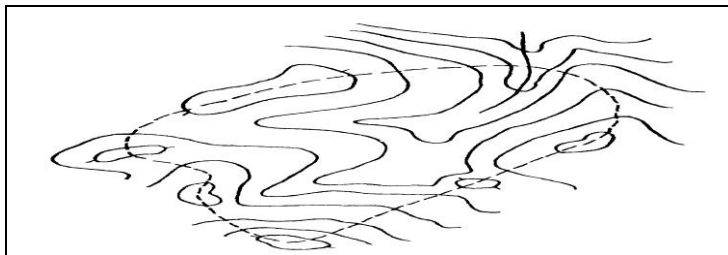


Рис. 55. Отграничение на карте площади водосбора

Как видно из рис. 55, отграничение водосборной площади выполняется нахождением линии от заданной точки, которая ведется от горизонтали к горизонтали по кратчайшему расстоянию (минимальное заложение – линия максимального уклона). Линия водораздела для участка должна замыкаться в исходной точке (рис. 55).

С помощью горизонталей можно определить высоту любой точки на топографической карте. Например, если искомая точка лежит на горизонтали, тогда высота этой точки будет равна высоте горизонтали. Поэтому высота точки *A*, отмеченной на рис. 56, будет равна  $H_A = 180 + 5,0 = 185$  м.

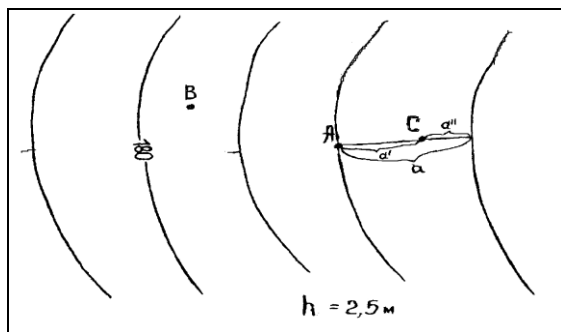


Рис. 56. Определение высоты точки, лежащей на горизонтали и между горизонталями

В том случае, если точка *B* лежит точно между двумя смежными горизонталями (рис. 56), высота этой точки находится по следующей формуле:

$$H_B = 180 + \frac{2,5}{2} = 181,25 \text{ м.} \quad (26)$$

Высота точки  $C$ , лежащей между горизонталями, определяется следующим образом. Сначала определяются превышения между точкой  $C$  и соседними горизонталями по формулам

$$h' = \frac{a'}{a} h, \quad (27)$$

$$h'' = \frac{a''}{a} h. \quad (28)$$

При этом значения  $a$ ,  $a'$ ,  $a''$  измеряются на плане или карте в миллиметрах, а контролем вычисления будет выражение

$$h' + h'' = h. \quad (29)$$

Высота точки  $C$  (рис. 29) вычисляется по формуле

$$H_C = H_A + h'. \quad (30)$$

С помощью горизонталей можно определить уклон и угол наклона для указанной на карте линии. Например, угол наклона линии, лежащей между двумя смежными горизонталями, определяется по масштабу заложений (рис. 57), а уклон – по формуле

$$i = \text{tg } \nu = \frac{h}{a}, \quad (31)$$

где  $h$  – высота сечения рельефа;

$a$  – заложение горизонталей.

Для приведенного на рис. 57 примера угол наклона равен  $3^\circ,3$ . При этом уклон  $i = \text{tg } 3^\circ,3$ .

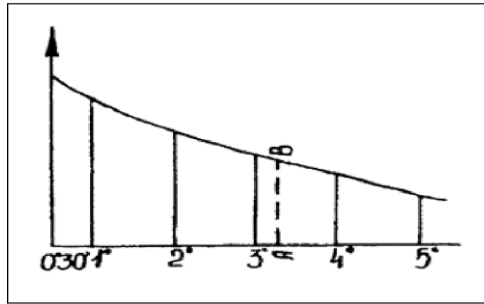


Рис. 57. Определение угла наклона по масштабу заложений

Уклон измеряется в промилле, при этом  $1\text{‰} = 0,001$ . Так, уклон линии  $BC$  (см. рис. 56), пересекающий несколько горизонталей, определяется по формуле

$$i_{BC} = \frac{H_C - H_B}{S_{BC}}, \quad (32)$$

где  $H_C, H_B$  – абсолютные высоты точек  $C$  и  $B$ ;

$S_{BC}$  – расстояние между точками  $B$  и  $C$ .

Например, если

$$H_C = 186,66; \quad H_B = 181,25 \text{ м}; \quad S_{BC} = 1000 \text{ м},$$

тогда уклон линии  $BC$  (см. рис. 56)

$$i_{BC} = \frac{186,66 - 181,25}{1000} = 0,00541 \approx 0,005 = 5\text{‰}.$$

Например, между двумя точками на топографической карте или плане необходимо запроектировать линию с заданным уклоном. Указанная задача возникает при проектировании дорог и других линейных сооружений. Условие, поставленное для отрезков, можно записать следующим образом:

$$i \leq i_o, \quad (33)$$

где  $i$  – проектный уклон;

$i_o$  – его заданное значение.

В соответствии с формулой (31) имеем

$$i_o \leq \frac{h}{a}. \quad (34)$$

Определим величину заложения, при которой будет удовлетворяться рассматриваемое требование (33):

$$a \geq \frac{h}{i} \quad \text{или} \quad a \geq a_0. \quad (35)$$

При решении вначале находим

$$a_{0(1)} = \frac{h_1}{i_0}, \quad (36)$$

где  $h_1 = H_1 - H_4$ ;

$a_{0(1)}$  – минимальное значение отрезка линии между точкой  $A$  и горизонталью 1.

Далее берем это расстояние в масштабе плана измерителем, ставим одну его ножку в точку  $A$  (рис. 58), второй делаем засечку на горизонтале 1. Если ножка циркуля не будет доставать до горизонтали 1, то проводим линию по кратчайшему направлению. Затем по формуле (36) вычисляем и откладываем его значение от уже полученной точки 1 до горизонтали 2, затем – до горизонтали 3.

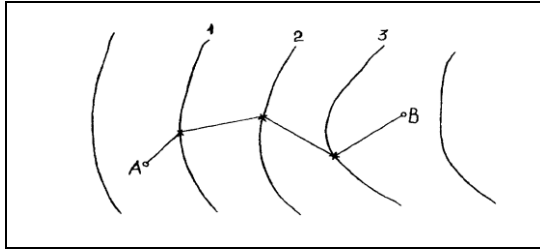


Рис. 58. Проведение линии заданного уклона по карте с горизонталями

Минимальное значение линии между горизонталью 3 и точкой  $B$  находим по формуле

$$a_{0(2)} = \frac{h_2}{i_0}, \quad (37)$$

где  $h_2 = H_2 - H_3$ .

Если расстояние между уже отмеченной точкой на горизонтале 3 и точкой  $B$  будет меньше  $a_{0(2)}$  (см. рис. 58), то положение точек на предыдущих горизонталях нужно изменить без нарушения требования (см. рис. 58).

### 13.2. Построение проекта графика заложений

Далее с целью выявления особенности поверхности склонов на миллиметровой бумаге по характерному направлению  $AB$  (которое согласовывается с преподавателем) построить профиль рельефа. Профиль выстраивается по горизонтальной линии, проведенной на топографической карте и пересекающей не менее 4–5 горизонталей. Для построения на бумаге подготавливают профильную сетку из граф, как показано на рис. 59.

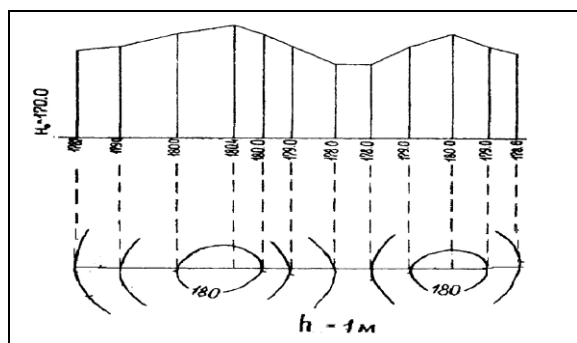


Рис. 59. Построение продольного профиля по горизонталям топографической карты

Причем для наглядности выражения рельефа горизонтальный масштаб увеличивают в два раза, а вертикальный берут в 10 раз крупнее. Высоту условного горизонта на профиле выбирают равной целому числу метров с таким расчетом, чтобы ее значение было меньше минимальной отметки на 5–6 м. Вертикальный масштаб для построения профиля рекомендуется в зависимости от сечения рельефа принимать 1:100–1:500. Горизонтальный масштаб профиля принять в соответствии с масштабом плана. Построение начать с горизонтальной и вертикальной осей. По вертикальной оси в масштабе необходимо отложить шкалу отметок точек горизонталей, по горизонтальной – расстояние между горизонталями по линии  $AB$ . Из каждой отмеченной на горизонтальной оси точки восстановить перпендикуляры до соответствующей им отметки высоты. Соединив данные точки, получить профиль склона. На основании профиля сделать вывод о форме (прямоугольный, выпуклый, вогнутый), длине и крутизне склона.

Производим построение всех точек пересечений линий  $AB$  с гори-

зонталями. Горизонтальные расстояния необходимо писать горизонтально, высотные (высоты) – вертикально в соответствующих графах. При этом каждая точка в плане строится путем откладывания в принятом масштабе соответствующей длины по оси горизонтального расстояния и по высоте от линии условного горизонта.

Дальнейшее изучение рельефа как фактора проявления эрозионных процессов производится на основании задания и данных прил. 20. Преподавателем каждому студенту выдается вариант задания, содержащий исходные данные – масштаб плана и высоту сечения рельефа (прил. 20). На основе этих параметров необходимо в заданном масштабе построить проект «График заложений» на миллиметровой бумаге (прил. 21). Так, построение проекта графика заложений начинается с отложения на плане землепользования трех разных отрезков, состоящих из горизонтальных линий с характерным уклоном на местности.

Далее на каждом из этих отрезков помечается начало и конец линии буквами *AB*. Затем через равные интервалы (например, 1 или 2 см) откладываются значения углов наклона (рис. 59). Из обозначенных на линии точек *AB* опускаются перпендикуляры, длина которых соответствует горизонтальному заложению (расстоянию между горизонталями топокарты) для указанного угла наклона (в миллиметрах). Концы перпендикуляров соединяются плавной линией. Готовый проект «График заложений» переносится на картографический материал – план землепользования (прил. 5).

Используя топографическую карту (прил. 6), на которой изображен фрагмент анализируемого плана землепользования, необходимо обозначить линии водоразделов и тальвегов (рис. 55, прил. 19), которые являются границами изменения направлений уклонов и поверхностного стока. При этом следует помнить, что расстояние между водоразделом и тальвегом в пределах водосбора по направлению стока воды, т. е. перпендикулярно горизонталям, соответствует длине линии стока. Для определения крутизны склона в пределах каждого водосбора целесообразно использовать измеритель с закрепленным значением раствора, равным значению горизонтального проложения на плане (берется по масштабной линейке и в процессе выполнения работы периодически контролируется). Этот же показатель можно определить, используя трафарет с концентрическими кругами, диаметр которых равен значениям горизонтальных проложений. Измерителем или трафаретом исследовать поочередно расстояния между всеми соседними горизонталями и отметить те из них, которые совпадают с одним из

заложений. Между горизонталями в этом месте сделать карандашом отметку и указать величину уклона в градусах. Затем, перемещая трафарет или измеритель вдоль горизонталей, найти совпадение со следующим заложением, отметить значение соответствующего угла наклона и т. д.

Границы участков с одинаковым углом наклона следует отобразить на плане землепользования плавными линиями. Допускается обобщение начертания малых контуров размером менее 0,5 см<sup>2</sup>.

#### **Задание 14. Составление картосхемы крутизны склонов с элементами картографического моделирования ландшафтов**

*Цель задания:* составить экспликацию земель территории землепользования с учетом крутизны склона.

*Указания по выполнению задания.* Путем выделения на плане землепользования участков с одинаковым значением горизонтального проложения, соответствующего определенному углу наклона поверхности, выполнить зонирование территории землепользования.

*Краткие пояснения.* Рельеф является решающим фактором в развитии эрозионных процессов. В целях полного и всестороннего учета проявления эрозии почв составляется карта крутизны склонов. Составление карты крутизны склонов начинается с установления интервалов величины уклонов, которые зависят от степени выраженности рельефа, типа почв, их механического состава и других условий. Карта крутизны склонов составляется на плане землепользования с помощью горизонталей.

##### **14.1. Картографическое моделирование состояния эрозионно опасных земель**

Изначально с помощью палетки или планиметра (цена деления которого определяется в соответствии с масштабом плана) вычислить площади контуров пашни и площади выделенных внутри них участков (зон) с соответствующим значением уклона.

Далее на плане землепользования следует выделить территории с учетом углов наклона поверхности. Такое действие выполняется путем очерчивания на плане участков с одинаковым значением горизонтального проложения, соответствующего определенному углу наклона. Для этого целесообразно использовать приемлемую градацию углов наклона, выраженную в градусах: до 1; 1–2; 2–3; 3–5 и более 5. По вы-

численными результатами заполнить табл. 22.

Таблица 22. **Ведомость изучения пахотных земель с учетом рельефа**

| Условный номер контура | Общая площадь землепользования, га |                               |      |        |      |         | Экспозиция склона | Длина стока, м |
|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------|--------|------|---------|-------------------|----------------|
|                        | Площадь контура                    | В том числе с уклоном, в град |      |        |      |         |                   |                |
|                        |                                    | до 1                          | 1–2  | 2–3    | 3–5  | более 5 |                   |                |
| 1                      | 127,4                              | 17,7                          | 43   | 8,5    | 4,4  | –       | В                 | 600            |
| 2                      | 125,7                              | 11,9                          | 40,8 | 23,2   | 8,1  | 1,2     | ЮВ                | 850            |
| 3                      | 74,6                               | –                             | 1,9  | 4,4    | 22,2 | 4       | Ю                 | 500            |
| 4                      | 98,3                               | –                             | 35,1 | 22,4   | –    | –       | С                 | 400            |
| 5                      | 98                                 | –                             | 41,5 | 18,3   | –    | –       | ЮВ                | 500            |
| 6                      | 44,2                               | 2,7                           | 3,3  | 2,4    | –    | –       | Ю                 | 350            |
| 7                      | 62,8                               | 21,4                          | 28,8 | –      | –    | –       | ЮЗ                | 500            |
| 8                      | 55,1                               | 13,5                          | 12,8 | 23,5   | –    | –       | З                 | 450            |
| 9                      | 25,6                               | 2,9                           | 4,6  | 8,31,1 | –    | –       | С                 | 300            |

Затем площади выделенных участков увязываются с общей площадью контура двумя способами. При первом способе увязки контуров ситуации применяется следующая формула:

$$S_{ув} = \frac{S_{общ} \cdot S_{изм}}{\sum S_{изм}}, \quad (38)$$

где  $S_{ув}$  – увязанная площадь контуров ситуации с общей площадью землепользования, км<sup>2</sup>;

$S_{общ}$  – общая площадь административного района, км<sup>2</sup>;

$S_{изм}$  – измеренная площадь с учетом масштаба, км<sup>2</sup>;

$\sum S_{изм}$  – сумма измеренных площадей контуров ситуации, км<sup>2</sup>.

Например, необходимо увязать площадь контуров с общей площадью землепользования, при этом известны величины:  $S_{изм} = 67,5$  км<sup>2</sup>,  $\sum S_{изм} = 1251$  км<sup>2</sup> и  $S_{общ} = 1249,6500$  км<sup>2</sup>. Подставив значения в формулу (38), получим  $S_{ув} = 67,4272$  км<sup>2</sup>. Суммируя количество увязанных контуров, получаем площадь административного района (землепользования). В нашем примере площадь землепользования равна 1249,6500 км<sup>2</sup>.

При втором способе общую площадь полигона, вычисленную как сумму площадей внутренних контуров ситуации, необходимо увязать с площадью землепользования, определенной аналитическим способом. Для этого изначально следует вычислить невязку по формуле

$$f_p = \sum S_{\text{пр}} - \sum S_{\text{т}}, \quad (39)$$

где  $S_{\text{пр}}$  – практическая площадь полигона, определяемая как сумма площадей отдельных контуров землепользования, км<sup>2</sup>;

$S_{\text{т}}$  – теоретическая площадь полигона, определяемая по координатам вершин аналитическим способом, км<sup>2</sup>.

При этом соблюдаются равенства:

$$\sum S_{\text{пр}} = \sum S_{\text{изм}}, \quad (40)$$

$$\sum S_{\text{т}} = \sum S_{\text{общ}}, \quad (41)$$

$$\sum S_{\text{т}} = \sum S_{\text{пр}} - \delta_s, \quad (42)$$

где  $\delta_s$  – поправка к площадям контуров землепользования, км<sup>2</sup>.

Допустимая невязка в сумме площадей определяется по следующей формуле:

$$f_p = 0,7C\sqrt{n} + 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{S}, \quad (43)$$

где  $C$  – цена деления планиметра, в га;

$n$  – число контуров;

$M$  – знаменатель численного масштаба плана;

$S$  – площадь полигона, га.

Если невязка меньше допустимой, то она распределяется в виде поправок пропорционально площадям контуров с обратным знаком по следующей формуле:

$$\delta_{S_i} = \frac{-f_s}{\sum S_i} \cdot S_{\text{общ}_i}, \quad (44)$$

Исправленные значения площадей контуров ситуации землепользования (с учетом вычисленных поправок к площадям контуров ситуации) вычисляют по формуле

$$S_{\text{ув}_i} = S_i + \delta_{S_i}. \quad (45)$$

В сумме все виды земель должны давать общую площадь административного района (землепользования). Площади, увязанные по двум способам, должны быть равны общей площади землепользования, определенной аналитическим способом. После этого выводится сред-

нее значение общей площади землепользования.

Площадное соотношение территорий с различными природными условиями позволяет оценить расчет структуры ландшафтов (в % к общей площади района). При вычислении структуры ландшафтов используют следующую формулу:

$$C_{л} = \frac{S_{ув}}{\sum S_{ув}} \cdot 100, \quad (46)$$

где  $S_{ув}$  – увязанная площадь контуров ситуации с общей площадью землепользования, км<sup>2</sup>;

$\sum S_{ув}$  – сумма увязанных площадей контуров ситуации, км<sup>2</sup>;

100 – коэффициент пересчета увязанных площадей в проценты.

Полученные расчеты вносятся в табл. 23, где отображаются данные экспликации земель с учетом крутизны склона.

Таблица 23. Экспликация земель с учетом крутизны склона

| Уклон, в град                         | Площадь, га | Структура, % |
|---------------------------------------|-------------|--------------|
| До 1                                  | 70,1        | 16,0         |
| 1–2                                   | 211,8       | 48,4         |
| 2–3                                   | 111         | 25,4         |
| 3–5                                   | 39,7        | 9,0          |
| Более 5                               | 5,2         | 1,2          |
| Итого...                              | 437,8       | 100          |
| В т. ч. с уклоном более двух градусов | 150,7       | 34,9         |

Затем на «Картосхеме почвенных разновидностей территории землепользования» с помощью планиметра либо палетки необходимо определить площади эродированных пахотных земель по степени смытости. При этом следует помнить, что к категории эрозивно опасных относятся земли с уклоном более двух градусов.

Изображение результатов зонирования территории с учетом угла крутизны склонов осуществляется способом наложения цветового фона в ПО AutoCAD [12]. Причем оформление проекта выполняется аналогично выполнению предшествующих проектов, т. е. согласно методике, описанной в задании 9. В результате соблюдения всех поэтапных действий в рабочем пространстве программы отображается графическое построение проекта «Картосхема крутизны склонов территории землепользования» (прил. 22).

## 14.2. Определение степени эрозионной опасности использования земель

Возможное распространение земель по категориям и степени смытости устанавливают по расчетной крутизне склона, которую определяют по величине заложения горизонталей (расстояние между двумя соседними горизонталями) [3]. Границы контуров земель по степени смытости наносят на план землепользования с отображенными на нем горизонталями. Затем на основании картосхемы эродированных земель, содержащей первичные данные о степени эрозионной опасности земель, устанавливают экспликацию эродированных земель. Для этого изначально следует определить напряженность и расчлененность рельефа, выявить интенсивность смыва [14]. Так, используя первичные данные экспликации эродированных земель, определяют напряженность рельефа по формуле

$$R_n = \frac{S_{э.о}}{S_{общ}}, \quad (47)$$

где  $R_n$  – напряженность рельефа;

$S_{э.о}$  – площадь эрозионно опасных земель, га;

$S_{общ}$  – общая площадь, га.

Например, площадь эрозионно опасных земель составила 75 га при общей площади землепользования, равной 750 га. Подставив значения в формулу (47), получаем коэффициент, равный 0,1. Следовательно, в рассматриваемом примере напряженность рельефа территории землепользования составила 0,1.

Далее определяется показатель расчлененности рельефа ( $\text{км}/\text{км}^2$ ). Так, расчлененность рельефа определяется путем измерения основных параметров на топографическом плане. Для расчета показателя расчлененности рельефа применяется следующая формула:

$$R_p = \frac{\Gamma + T}{S}, \quad (48)$$

где  $R_p$  – расчлененность рельефа,  $\text{км}/\text{км}^2$ ;

$\Gamma$  – протяженность постоянных водотоков, км;

$T$  – длина тальвегов (линий, соединяющих самые низкие точки различных понижений, включая овражно-балочную сеть), км;

$S$  – общая площадь, га.

Например, на территории землепользования протяженность посто-

янных водотоков составляет 5 км, длина тальвегов равна 1,94 км при общей площади землепользования, равной 750 га. Подставив значения в формулу (48), получаем коэффициент, равный 0,009. Следовательно, в рассматриваемом примере напряженность рельефа территории землепользования составила 0,009.

На основе результатов выделения эрозионно опасных территориальных зон и с учетом величины угла наклона поверхности составляется экспликация эродированных земель (табл. 24).

Таблица 24. Экспликация эродированных земель

| Категория земель | Степень эродированности (смытости) | Площадь, га | Структура, % | Интенсивность смыва, т/га | Качественный фон | Знаки изображения   |
|------------------|------------------------------------|-------------|--------------|---------------------------|------------------|---|
| I                | Неэродированные (несмытые)         | 50,3        | 10,2         | –                         | Зеленый          | –   |
| II               | Эрозионно опасные                  | 75,0        | 15,3         | –                         | Бирюзовый        |  |
| III              | Слабоэродированные (слабосмытые)   | 128,7       | 26,2         | До 7                      | Желтый           |  |
| IV               | Среднеэродированные (среднесмытые) | 173,2       | 35,2         | 7–13                      | Оранжевый        |  |
| V                | Сильноэродированные (сильносмытые) | 64,5        | 13,1         | Более 13                  | Розовый          |  |
| Итого...         |                                    | 491,7       | 100          |                           |                  |   |

В процессе анализа данных табл. 24 выявлено, что на территории землепользования находятся слабо- и среднеэродированные земли с общей площадью 301,9 га. Суммарная площадь эрозионно опасных и сильноэродированных земель составила 139,5 га.

На завершающем этапе производится графическое построение проекта «Картограмма эродированных земель территории землепользования» (прил. 23) в ПО AutoCAD. Построение и оформление проекта выполняется аналогично выполнению предшествующих проектов с соблюдением всех поэтапных действий (задание 9) в рабочем пространстве программы AutoCAD. Отображенный графический материал – проект «Картограмма эродированных земель территории землепользования» (прил. 23) исполнитель сохраняет в своей папке.

## **Задание 15. Оценка эрозионной опасности земель**

*Цель задания:* на основе расчета показателей, характеризующих степень эрозионной опасности земель, произвести оценку использования сельскохозяйственных земель на анализируемой территории землепользования.

*Указания по выполнению задания.* В процессе выполнения задания рекомендуется детально проработать методику проведения мониторинга почвенного покрова, изучить показатели диагностики водной и ветровой эрозии, а также методы оценки состояния почвенного покрова на основании данных с применением методов математического моделирования.

*Краткие пояснения.* Оценка эрозионной опасности использования земель следует произвести на примере 3–4 отдельных участков пашни площадью 20–30 см<sup>2</sup> (полей севооборота), расположенных в различных условиях рельефа и с различным почвенным покровом (местоположение участков на плане указывается преподавателем каждому студенту отдельно). Определить площадь участков с помощью планиметра или графически (палеткой), предварительно присвоив участкам (контурам) порядковый номер.

### **15.1. Оценка степени развития водно-эрозионных процессов на территории землепользования**

Среди показателей диагностики водной эрозии почв наиболее широко используют следующие [3]:

- норма среднегодовых эрозионных потерь  $n$ , мм или т/га в год;
- фактический показатель эрозионных потерь  $W$ , мм или т/га в год;
- коэффициент снижения плодородия почвы в результате воздействия эрозионных потерь,  $E$ , %;
- слой потенциального стока (СПС), мм;
- показатель проявления водной эрозии (ППВЭ), %.

Используя исходные данные, приведенные по типам почвы в прил. 24, рассчитать рекомендуемые величины. Причем величины  $n$  и  $W$  рассчитываются для каждой степени смывости почвы отдельно.

Так, норма среднегодовых эрозионных потерь ( $n$ , т/га) рассчитывается для сопоставления скорости потерь почвы от эрозии со скоростью почвообразовательного процесса. В зависимости от типа почвы дан-

ный показатель колеблется в пределах от 1,8 до 4,5 т/га. Расчет показателя производится по следующей формуле:

$$n = 0,1 \% H, \quad (49)$$

где  $H$  – мощность верхнего гумусового горизонта незеродированной почвы, мм.

Исходные данные (вариант указывается преподавателем) для вычисления показателя среднегодовых эрозионных потерь ( $n$ , т/га), как было упомянуто чуть выше, выбираются в зависимости от типа почвы и от степени ее смытости из прил. 24.

*Задача 1.* Например, масса слоя почвы мощностью 1 мм на 1 га составляет около 10 т, тогда для пересчета миллиметров в тонны в год умножаем норму эрозии на 10.

*Пример решения задачи 1.* Мощность гумусового горизонта дерново-карбонатной типичной маломощной почвы составляет 185 мм. Определить годовую норму эрозии для этого типа почвы. Расчет выполняется по формуле (49):

$$n = 0,1 \% \text{ от } 185 \text{ мм} = (185 \text{ мм} \cdot 0,1 \%) : 100 \% = 0,185 \text{ мм};$$

$$n = 0,185 \text{ мм} \cdot 10 \text{ т} = 1,85 \text{ т/га в год.}$$

*Ответ.* Годовая норма эрозии для дерново-карбонатной типичной маломощной почвы составляет 1,85 т/га в год.

Показатель фактической величины смыва почвы ( $W$ , т/га) характеризует фактические ежегодные потери почвы в результате водной эрозии. Исходные данные для вычисления этого показателя берутся из прил. 26–28. Расчет производится по следующей формуле:

$$W = 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot K_{\text{кг(л)}} \cdot J'_{RO} \cdot J_{RO} \cdot I^n \cdot L^{0,5} \cdot e^{-\lambda_p \cdot (0,85 - 100m)}, \quad (50)$$

где  $K_{\text{кг(л)}}$  – среднееголетнее значение гидрометеорологического параметра ливневого смыва (принимается равным 7,5);

$J'_{RO}$  – параметр, характеризующий смытость почвы (прил. 26);

$J_{RO}$  – параметр, характеризующий влияние типа почвы на ее смыв (прил. 27);

$I$  – уклон поверхности, принимаемый равным 100 %;

$L$  – длина склона, м;

$n$  – показатель, значение которого зависит от характера подстилающей поверхности, типа почвы и степени ее смытости (прил. 28);

$e^{-\lambda_p \cdot (0,85 - 100m)}$  – функция, принимаемая равной 0,10.

*Задача 2.* Например, территория поля под пропашными культурами (картофель) представлена дерново-карбонатной оподзоленной мало-мощной среднесмытой почвой. Длина склона составляет 100 м. Определить фактическую величину смыва почвы вследствие проявления водной эрозии.

*Пример решения задачи 2.* Расчет выполняют по формуле (50) с использованием данных из прил. 26–28:

$$W = 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 7,5 \cdot 2,0 \cdot 3,4 \cdot 100^{1,25} \cdot 100^{0,5} \cdot 0,10 = \\ = 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot 7,5 \cdot 2,0 \cdot 3,4 \cdot 316,23 \cdot 10 \cdot 0,10 = 1,94 \text{ т/га.}$$

*Ответ.* Фактическая величина смыва почвы вследствие проявления водной эрозии составляет 1,94 т/га в год.

Следующий показатель, который необходимо вычислить, – коэффициент снижения плодородия почвы в результате эрозионных потерь ( $E$ ) для определенной территории. Коэффициент снижения плодородия почвы в результате эрозионных потерь ( $E$ ) находится как средневзвешенное значение для отдельных выделов по степени эродированности. Расчет показателя производится по следующей формуле:

$$E = \frac{(S_1 \cdot K_{\text{неэр}}) + (S_2 \cdot K_{\text{слабоэр}}) + (S_3 \cdot K_{\text{среднеэр}}) + (S_4 \cdot K_{\text{сильноэр}})}{100}, \quad (51)$$

где  $S_1$ – $S_4$  – процент площади территории с различной степенью эродированности почвы: неэродированная, слабоэродированная, среднеэродированная; сильноэродированная;

$K$  – коэффициент снижения плодородия эродированной почвы ( $K_{\text{неэр}} = 1$ ;  $K_{\text{слабоэр}} = 1,2$ ;  $K_{\text{среднеэр}} = 1,4$ ;  $K_{\text{сильноэр}} = 1,6$ ).

*Задача 3.* Например, на территории сельскохозяйственного предприятия 55 % площади занимают неэродированные почвы, 20 % – слабоэродированные, 15 % – среднеэродированные и 10 % – сильноэродированные почвы. Необходимо определить коэффициент снижения плодородия почвы вследствие проявления водной эрозии.

*Пример решения задачи 3.* Так, согласно формуле (51) находим:

$$E = \frac{(55 \% \cdot 1) + (20 \% \cdot 1,2) + (15 \% \cdot 1,4) + (10 \% \cdot 1,6)}{100} = \\ = \frac{55 + 24 + 21 + 16}{100} = \frac{116}{100} = 1,16.$$

*Ответ:* Величина коэффициента снижения плодородия почвы

вследствие проявления водной эрозии составляет 1,16.

Слой потенциального поверхностного стока (СПС, мм) – количество воды, стекающей с 1 км<sup>2</sup> водосбора за определенный период времени, выраженное в виде равномерно распределенного по площади слоя воды. Определяется отношением объема стока к площади водосбора. Исчисляется в миллиметрах в год, сезон, месяц, наводнение, паводок с выделением слоя поверхностного или подземного стока. Данный показатель отражает негативное влияние на плодородие почвы потери влаги с поверхностным стоком. Для незеродированных почв его величина составляет  $\leq 5$  мм, для эродированных колеблется от 8 до 25 мм.

Показатель проявления водной эрозии (ППВЭ, %) характеризует проявление эрозионных процессов в зависимости от величины поверхностного стока и фактической эродированности почвы, поскольку очень часто отсутствует прямая связь между величиной поверхностного стока и фактической эродированностью из-за влияния шероховатости поверхности.

*Задача 4.* Например, на поле многолетних трав сток будет значительным, а смыв почвы – несущественным. Расчет показателя проявления водной эрозии производится по следующей формуле:

$$\text{ППВЭ} = \frac{\text{СПС} - \frac{\text{СПС}}{E}}{\text{СПС}} \cdot 100, \quad (52),$$

где СПС – потенциальный ливневый сток 10%-ной обеспеченности, мм;

$E$  – коэффициент снижения плодородия почвы (в нашем примере этот показатель равнялся 1,16).

Исходные данные по СПС с целью вычисления показателя проявления водной эрозии берутся из прил. 24.

*Пример решения задачи 4.* Так, подставив необходимые значения в формулу (52), находим:

$$\text{ППВЭ} = \frac{10 - \frac{10}{2,4}}{10} \cdot 100 = 58\%.$$

*Ответ.* Величина показателя проявления водной эрозии в нашем примере составила 58 %.

Далее необходимо сделать вывод о степени развития эрозионных

процессов, руководствуясь сведениями, приведенными в прил. 25.

## 15.2. Определение показателей проявления ветровой эрозии почв на территории землепользования

Ветровая эрозия проявляется в форме повседневной или местной эрозии (возникает под воздействием воздушных потоков) и пыльных бурь (образуются при сильных ветрах, охватывают значительную территорию и вовлекают в воздушный поток большие массы почвы). Пыльные бури протекают при сильных ветрах, на больших территориях (охватывают несколько крупных районов) и сопровождаются значительным разрушением почвы и загрязнением воздуха [3].

Основной диагностический показатель ветровой эрозии почв – превышение фактических (возможных) потерь почвы (т/га в год) над нормой эрозии. Косвенным, но важным показателем оценки является периодичность проявления ветровой эрозии, которая существенно увеличивает потенциально возможные потери почвы [14].

Показатель величины фактических (потенциально возможных) потерь почвы вследствие ветровой эрозии ( $E_p$ ) определяется для оценки типа кризисной ситуации, связанной с проявлением эрозионных процессов. Расчеты показателя производят по формуле

$$E_p = \frac{10^{a-bk} \cdot 0,1 K_s V_{\max}^3 \cdot t}{V_{aer}^3}, \quad (53)$$

где  $a$  – показатель, зависящий от генетических свойств почвы;

$b$  – показатель, зависящий от характера почвенной поверхности;

$k$  – комковатость поверхностного слоя почвы, %;

$K_s$  – коэффициент разрушения почвенных агрегатов;

$t$  – количество часов с пыльными бурями в год;

$V_{\max}$  – средняя максимальная скорость ветра, м/с;

$V_{aer}$  – скорость ветра в аэродинамической трубе, м/с.

Задание выполняется на основе исходных данных, представленных в прил. 30.

*Задача 5.* Например, определим тип кризисной ситуации, вызванной ветровой эрозией дерново-подзолистой супесчаной почвы, для Гомельской области.

*Пример решения задачи 5.* Например, имеются исходные данные:

$$a = 3,7603;$$

$$t = 35 \text{ год};$$

$$b = 0,0430;$$

$$V_{\max} = 25,5 \text{ м/с};$$

$$k = 22,3 \%;$$

$$K_s = 0,633;$$

$$V_{aer} = 13,5 \text{ м/с.}$$

Подставив известные значения в формулу (53), получим показатель величины фактических (потенциально возможных) потерь почвы вследствие ветровой эрозии ( $E_p$ ).

$$E_p = \frac{10^{3,7603 - 0,0430 \cdot 22,3} \cdot 0,10,633 \cdot 25,5^3 \text{ м/с} \cdot 35 \text{ ч}}{13,5^3 \text{ м/с}} = 2959,1 \text{ т/га.}$$

Затем по данным, отраженным в прил. 29, определяем, что периодичность возникновения пыльных бурь на территории Гомельской области составляет в среднем 6 раз в год. Используя данные из прил. 31 определяем, что норма эрозии ( $n$ ) для дерново-подзолистой супесчаной почвы составляет 1,5 т/га в год. Соответственно для почвенно-климатических условий Республики Беларусь норма эрозии ( $n_\phi$ ) составит:

$$n_\phi = n \cdot \text{ПВ} = 1,5 \text{ т/га} \cdot 6 \text{ раз} = 9 \text{ т/га в год.}$$

Тогда превышение фактических эрозионных потерь над нормой ветровой эрозии ПВПП составит:

$$\text{ПВПП} = \frac{E_p}{n_\phi} = \frac{2959,1 \text{ т/га}}{9 \text{ т/га}} = 329 \text{ раз.}$$

Далее по данным, приведенным в прил. 32, необходимо определить тип кризисной ситуации, вызванной ветровой эрозией. Например, в нашем случае тип кризисной ситуации характеризуется как катастрофический, поскольку фактические (потенциально возможные) потери почвы превышают норму эрозии в 329 раз.

На завершающем этапе к картосхеме эродированных земель следует составить пояснительную записку. В ней надлежит отразить: характеристику рельефа; почвообразующих пород; детальный анализ причин, вызывающих эрозию почв; степень проявления эрозионных процессов; площадь земель по категориям эрозии; характеристику эродированных почв. Руководствуясь первичными сведениями, необходимо предложить комплекс противоэрозионных мероприятий, а также мероприятия по рациональному использованию земель в пределах каждой категории земель на территории анализируемого землепользования.