

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент мелиорации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»  
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО НАЗНАЧЕНИЮ  
КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ  
ПО СНИЖЕНИЮ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ЗЕМЕЛЬ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Новочеркасск

2015

**Методические указания по назначению компенсационных мелиоративных мероприятий по снижению поверхностного стока с земель сельскохозяйственного назначения** подготовлены сотрудниками ФГБНУ «РосНИИПМ»: доктором сельскохозяйственных наук, профессором Г. Т. Балакаем, доктором сельскохозяйственных наук, профессором Е. В. Полуэктовым, кандидатом сельскохозяйственных наук Н. И. Балакай, кандидатом сельскохозяйственных наук А. Н. Бабичевым, кандидатом сельскохозяйственных наук Л. М. Докучаевой, кандидатом сельскохозяйственных наук Р. Е. Юрковой, кандидатом сельскохозяйственных наук С. А. Селицким, кандидатом сельскохозяйственных наук С. Г. Балакай, кандидатом сельскохозяйственных наук В. А. Монастырским, младшим научным сотрудником В. И. Ольгаренко.

**Методические указания по назначению компенсационных мелиоративных мероприятий по снижению поверхностного стока с земель сельскохозяйственного назначения** одобрены на заседании секции мелиорации 27 ноября 2014 года, утверждены и введены в действие приказом директора ФГБНУ «РосНИИПМ» № 16 от 3 апреля 2014 года.

## Содержание

Введение.....	4
1 Область применения.....	5
2 Нормативные ссылки.....	6
3 Термины и определения.....	6
4 Компенсационные мелиоративные мероприятия по регулированию поверхностного стока талых, дождевых и ирригационных вод.....	8
4.1 Организационно-хозяйственные мероприятия .....	8
4.2 Агротехнические стокорегулирующие мероприятия.....	15
4.3 Агролесомелиоративные мероприятия.....	19
4.3.1 Стокорегулирующие лесные полосы.....	19
4.3.2 Прибалочные лесные полосы.....	21
4.3.3 Приовражные лесные полосы.....	22
4.3.4 Лесные насаждения вокруг прудов и водоемов.....	24
4.4 Лугомелиоративные приемы.....	25
4.5 Гидротехнические мероприятия.....	28
5 Система компенсационных мелиоративных мероприятий для снижения поверхностного стока.....	30
5.1 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока талых и дождевых вод для первой агроландшафтной полосы.....	31
5.2 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока талых и дождевых вод для второй агроландшафтной полосы.....	33
5.3 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока талых и дождевых вод для третьей агроландшафтной полосы.....	35
5.4 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока талых и дождевых вод для четвертой агроландшафтной полосы.....	36
6 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока ирригационных вод.....	39
7 Эколого-экономическая оценка стокорегулирующих мероприятий.....	47
Заключение.....	49
Список использованных источников.....	50

## Введение

Нерегулируемый поверхностный сток талых, дождевых и ирригационных вод с земель сельскохозяйственного назначения способствует смыву почвы, переполнению поверхностных водотоков и водохранилищ, что приводит к затоплению и подтоплению огромных территорий. Для устранения негативных явлений приходится вкладывать большие средства на противопаводковые мероприятия, наносится большой экологический и материальный ущерб.

Решение данной проблемы возможно за счет разработки и внедрения в производство компенсационных мероприятий по снижению поверхностного стока. При наличии поверхностного стока комплекс компенсационных мелиоративных мероприятий должен охватывать весь водосборный бассейн. Это позволит рационально регулировать поверхностный сток вод. В настоящее время 57 % эрозионноопасных земель нуждаются в защите от талых вод, 33 % – от талых и дождевых вод, 10 % – от дождевых вод.

Распашка эрозионноопасных земель без учета рельефа и почв, недооценка севооборотов (монокультурность, вспашка целины, возделывание склонов), лесных насаждений, избыточный выпас скота, вырубка лесов и другие нарушения создают условия для ухудшения качества земель [1]. Поэтому научная разработка этих вопросов никогда не потеряет свою актуальность.

Разработанные методические указания регламентируют порядок проведения компенсационных мелиоративных мероприятий для снижения поверхностного стока талых, дождевых и ирригационных вод с земель сельскохозяйственного назначения, которые позволят создать условия для предупреждения эрозионных процессов, подтопления и затопления сельхозугодий, рационального использования земель и повышения плодородия почв.

## 1 Область применения

1.1 Настоящие методические указания разработаны в соответствии с Федеральными законами от 10 января 1996 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель», от 18 июня 2001 г. № 78-ФЗ «О землеустройстве», от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», от 16 июля 1998 г. №-101 ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ «Земельным кодексом РФ», постановлением Правительства РФ от 17 ноября 1992 г. № 879 «О государственной комплексной программе повышения плодородия почв России», постановлением Правительства РФ от 20 февраля 2006 г. № 99 (ред. от 12.08.2011) «О Федеральной целевой программе «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы и на период до 2013 года», постановлением Правительства РФ от 15 ноября 2006 г. № 689 «О государственном земельном контроле».

1.2 Настоящие методические указания устанавливают порядок определения и назначения компенсационных мелиоративных мероприятий на землях сельхозназначения, направленных на снижение поверхностного стока талых, дождевых и ирригационных вод, эрозии и вероятности подтопления и затопления территорий.

1.3 Методические указания предназначены для обеспечения специально уполномоченных государственных органов инструментарием для контроля выполнения сельхозтоваропроизводителями обязательных мероприятий по улучшению, защите земель и охране почв от водной и ирригационной эрозии и предотвращению негативного воздействия на окружающую среду, ухудшающих качественное состояние земель в соответствии со ст. 8.7 КоАП [1].

1.4 При определении размера поверхностного стока и ущерба от эрозии, подтопления и затопления используются данные почвенных, агрохимических, геоботанических, почвенно-мелиоративных, геологических и других необходимых обследований, выполненных предприятиями, организациями и лицами, получившими в установленном порядке лицензии на проведение обследований и анализов.

## **2 Нормативные ссылки**

В настоящих методических указаниях использованы ссылки на следующие документы:

- ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения;
- ГОСТ 26640-85 Земли. Термины и определения;
- ГОСТ 16265-89 Земледелие. Термины и определения;
- ОСТ 56-81-84 Полевые исследования почвы. Порядок и способы проведения работ, основные требования к результатам;
- Почвенно-мелиоративное обоснование проектов мелиоративного строительства (пособие к ВСН «Почвенные изыскания для мелиоративного строительства»);
- Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования: (разработчик: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, ГИЗР, Минсельхоз СССР. – М., 1973);
- Пособие по почвенно-эрозионному обследованию и оценке эрозионно-дефляционных земель: (разработчик: Минводхоз СССР, Союзгипроводхоз. – М., 1985);
- Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (третья редакция) / Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ. – М., 2008. – 221 с.

## **3 Термины и определения**

В методических указаниях применяются следующие термины с соответствующими определениями:

- поверхностный сток – процесс перемещения воды по земной поверхности под влиянием силы тяжести. Поверхностный сток делится на склоновый и русловой. Склоновый сток образуется за счет дождевых и талых вод, происходит на поверхности склона вне фиксированных путей [2];
- земли сельскохозяйственного назначения – земли, предоставленные в пользование для нужд сельского хозяйства или предназначенные для этих целей (ГОСТ 26640-85 п.18);
- антропогенные факторы, вызывающие эрозию – бессистемная вырубка леса, неумеренный выпас скота на пастбищах, особенно в горной местности, неправильная пахота на склонах, распашка легких почв и др.;
- эрозия почвы – разрушение и снос верхних наиболее плодородных

горизонтов почвы в результате действия воды и ветра (ГОСТ 27593-88 п. 78);

- водная эрозия – разрушение почвенного покрова под действием поверхностных водных потоков и проявляется в плоскостной и линейной формах;

- ирригационная эрозия – один из видов эрозии почвы, возникающей при несоблюдении правил и норм полива в орошаемом земледелии; в результате неумеренного полива на плохо спланированных (со значительной крутизной) участках верхний слой почвы смывается (эродируется), а иногда даже образуются овраги [3];

- затопление земель – покрытие территории водой, вызванное естественными (разливы рек, обильные осадки) или искусственными (строительство водохранилищ, прудов) причинами [3];

- орошаемые земли – земли, пригодные для сельскохозяйственного использования и полива, на которых имеется оросительная сеть, связанная с источником орошения, водные ресурсы которого обеспечивают полив этих земель (ГОСТ 26640-85 п. 19);

- эродированные земли – земли, потерявшие в результате эрозии частично или полностью плодородный слой почв (ГОСТ 26640-85, п. 10);

- почвозащитный севооборот – специальный севооборот, в котором состав, чередование, размещение и агротехника сельскохозяйственных культур обеспечивают защиту почвы от эрозии (ГОСТ 16265-89 п. 49);

- противоэрозионная обработка почвы – обработка почвы, направленная на защиту ее от эрозии (ГОСТ 16265-89 п. 85);

- кротование почвы – прием обработки почвы, обеспечивающий образование в ней дрен-кротовин (ГОСТ 16265-89 п. 114);

- щелевание почвы – прием обработки почвы щелевателями, обеспечивающий глубокое ее прорезание с целью повышения водопроницаемости (ГОСТ 16265-89 п. 113);

- чизелевание почвы – прием безотвальной обработки почвы чизельными орудиями, обеспечивающий ее рыхление, крошение и частично перемешивание (ГОСТ 16265-89 п. 109);

- фрезерование почвы – прием обработки почвы фрезой, обеспечивающий интенсивное крошение, перемешивание, рыхление обрабатываемого слоя и уничтожение сорняков (ГОСТ 16265-89 п. 108);

- охрана почв – система мер, направленная на предотвращение снижения плодородия почв, их нерационального использования и загрязнения (ГОСТ 27593-88 п. 75);

- рациональное использование почвенного плодородия – эффективное ведение сельскохозяйственного производства при сохранении и повышении почвенного плодородия земель сельскохозяйственного назначения и обеспечении охраны окружающей природной среды;

- воспроизводство почвенного плодородия – поддержание продуктивности земель сельскохозяйственного назначения на определенном уровне в пределах благоприятных для роста и развития растений и окружающей природной среды путем систематического проведения агротехнических, агрохимических мелиоративных и противоэрозионных мероприятий.

#### **4 Компенсационные мелиоративные мероприятия по регулированию поверхностного стока талых, дождевых и ирригационных вод**

##### **4.1 Организационно-хозяйственные мероприятия**

Организационно-хозяйственные мероприятия создают необходимые предпосылки для правильного сочетания и размещения элементов противоэрозионного комплекса, повышения их продуктивности [4].

Основой организационно-хозяйственных мероприятий должна быть классификация земель по их использованию, уклонам, показателей поверхностного стока, степени эродированности и потенциальной опасности эрозии с детальным учетом характера рельефа и микрорельефа. Кроме того, учитывается направление поверхностного стока, противоэрозионное значение выращиваемых сельскохозяйственных культур и лесных насаждений [4, 5].

Противоэрозионная организация территории взаимосвязывает и взаимообуславливает в единую систему комплекс приемов, технологий и средств, направленных на эффективную защиту водосборов от поверхностного стока. В рамках адаптивно-ландшафтного земледелия возникла необходимость переориентировать существующую организацию полей и рабочих участков с учетом, как рельефа местности, так и микроклиматических особенностей конкретного склона.

Для того чтобы вписать поля и рабочие участки в ныне существующие границы необходимо определить первичную территориальную единицу агроландшафта, которая объединила бы близкие по плодородию почвы, однородные по крутизне, экспозиции и форме склоны, имела относительно одинаковые условия увлажнения и микроклиматические особенности.



В качестве такой территориальной единицы предложено выделять агроландшафтные полосы (массивы), которые соответствуют вышеперечисленным требованиям. В основу проектирования агроландшафтного массива должно быть положено плодородие почвы [6].

При агропроизводственной группировке объединяют близкие по плодородию почвы и на ее основе выделяют агроландшафтные массивы, из которых формируют поля севооборотов. В зависимости от интенсивности процессов эрозии проектируется система полевых защитных лесных полос. В межполосном пространстве применяются почвозащитные технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе безотвальной обработки почвы.

В условиях расчлененного рельефа степной зоны юга Европейской территории РФ, где преобладают ложбинно-балочные, балочно-овражные, овражно-балочные, овражно-полевые типы агроландшафта выделение агроландшафтных полос имеет определяющее значение. Здесь агроландшафтная полоса должна рассматриваться и выделяться с позиции динамической ландшафтной структуры, чтобы в ее пределах интенсивность эрозионных процессов была однотипной по ее динамическим показателям. В пределах одной ландшафтной полосы потоки энергии и вещества должны быть однонаправленными, а градиент их мог изменяться только в зависимости от крутизны и экспозиции склона. Необходимость такого подхода обуславливается требованиями обеспечения высокой степени территориальной адаптации отдельных элементов, из которых будет составлена система компенсационных мероприятий [6].

При определении границ и размеров агроландшафтных полос необходимо изучить их эрозионно-ландшафтную характеристику, провести агропроизводственную группировку почв, установить степень эродированности, определить экспозиции склонов и их уклон (в градусах), типы склонов.

Каждая конкретная степень эродированности занимает определенное положение в современном агроландшафте, располагаясь в виде поясов или полос различной ширины на склонах определенной крутизны.

Е. В. Полуэктов выявил общую тенденцию в пространственном размещении поясов смытых почв. Так, слабосмытые почвы занимают склоны от  $0,5-0,8^\circ$  до  $2,5-3,0^\circ$ . Ширина полосы, занимаемая слабосмытыми почвами, составляет в среднем 480–550 м. Среднесмытые почвы занимают преимущественно склоны от  $3^\circ$  до  $5^\circ$ , а ширина полос этих почв колеблется в пределах от 150 до 210 м. Сильносмытые почвы располагаются в ниж-

ней части склона, крутизной более  $4,5^\circ$  и ширина их пояса не превышает 100–110 м [6].

Интенсивность проявления смыва почв зачастую не совпадает с границами распространения конкретной степени смытости, что в конечном итоге приводит к увеличению площадей смытых почв и изменчивости границ участков с разными показателями смытости.

Границы между ландшафтными полосами приурочиваются к определенным каркасным линиям рельефа: водораздельным линиям, склонам определенной крутизны, удаленностью от водораздельной линии и другим. Из-за пестроты природных факторов размеры ландшафтных полос, отвечающие перечисленным требованиям, колеблются в пределах от 3–5 до 50–60 га.

Для повышения точности проектирования границ линейных рубежей сельскохозяйственные угодья по величине расчетного смыва, производимого стоком талых вод и ливневых дождей, группируются в семь классов эрозионной опасности (таблица 1).

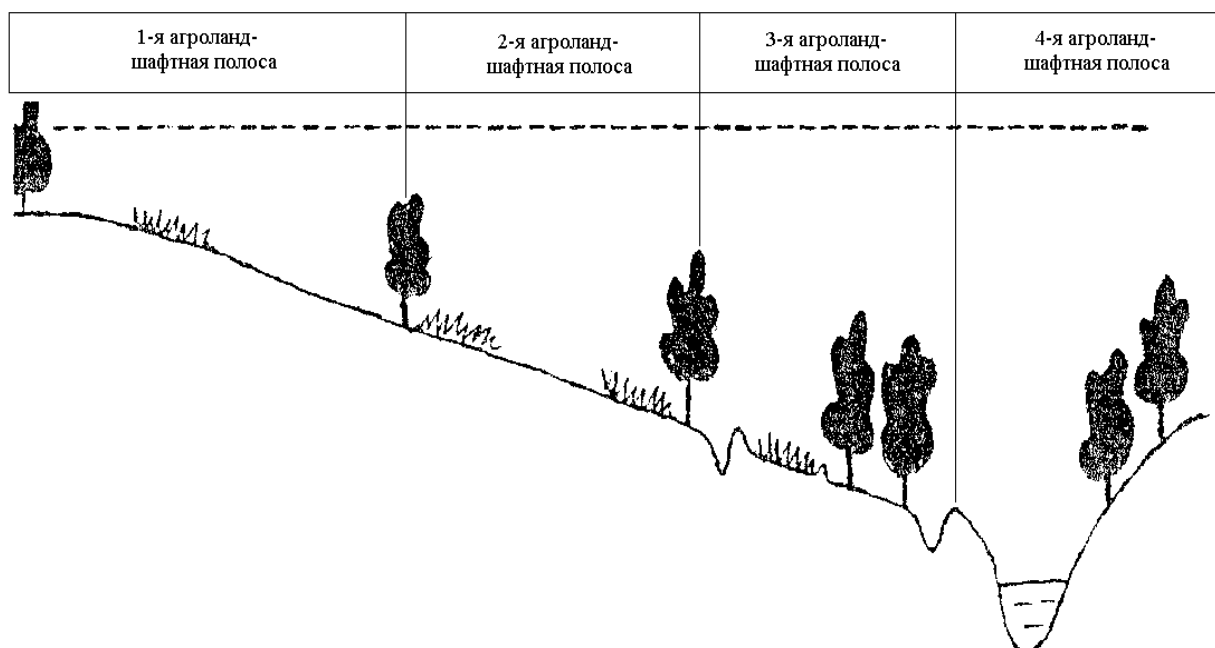
**Таблица 1 – Классы эрозионной опасности, в зависимости от смыва почв**

Класс эрозионной опасности	Степень смыва почвы
I	Незначительная (до 2,5 т/га)
II	Слабая (2,6–5,0 т/га)
III	Умеренная (5,1–10,0 т/га)
IV	Средняя (10,1–30,0 т/га)
V	Сильная (30,1–50,0 т/га)
VI	Очень сильная (50,1–70,0 т/га)
VII	Катастрофическая (более 70,0 т/га)

Классы земель объединяются в четыре агроландшафтные полосы (рисунок 1) [6].

Первая агроландшафтная полоса занимает склоны крутизной от  $0,5$  до  $2,5^\circ$  (I и II классы эрозионной опасности). Почвенный покров представлен незродированными или слабоэродированными почвами в соотношении 40 и 60 % от площади полосы.

Вторая агроландшафтная полоса занимает склоны крутизной от  $2,6$  до  $4,5^\circ$  (III и IV классы эрозионной опасности). Почвенный покров представлен слабо- и среднеэродированными почвами в соотношении соответственно 60 и 40 %.



**Рисунок 1 – Схема организации территории при адаптивно-ландшафтном земледелии**

Третья агроландшафтная полоса занимает склоны крутизной более  $4,5^\circ$ . Сюда относят V и VI классы по эрозионной опасности. Почвенный покров таких участков представлен средне- и сильноэродированными почвами (по 60 и 40 %).

Четвертая агроландшафтная полоса занимает слабо- и незадернованные склоны балок и борта оврагов. Сюда относят VII класс эрозионной опасности.

По ширине ландшафтные полосы существенно различаются между собой. Исходя из соотношения площадей смытых почв первая агроландшафтная полоса будет занимать 50–60 % поверхности склона, вторая – (30–35) %, третья – (10–15) % и четвертая – до 3–5 %.

Границы агроландшафтных полос должны быть закреплены рубежами первого порядка (стокорегулирующие, прибалочные лесные полосы, валы, канавы). В пределах агроландшафтных полос проектируется система компенсационных мероприятий, за основу которой берутся расчеты по задержанию талого стока определенной степени обеспеченности (чаще всего 10 %).

Агроландшафтные полосы в условиях расчлененного рельефа являются исходной технологической градацией, в связи с чем, они должны иметь строго определенный режим использования, набор сельскохозяйст-

венных культур и приемов по стабилизации и повышению плодородия почв.

Одним из универсальных приемов защиты почвы от поверхностного стока сочетающим в себе элементы организации территории, агротехническую и гидротехническую составляющие является контурно-полосное размещение культур и агрофонов.

Сущность данного приема заключается в том, что поле занимает не одной культурой, а двумя, и размещаются они не сплошными массивами, а чередуются между собой отдельными лентами-полосами шириной от 50 до 100 м, в зависимости от крутизны склона.

Стокорегулирующий эффект его базируется на влиянии различных свойств подстилающей поверхности на впитывание и скорость стекания воды. Чередование культур и агрофонов необходимо проводить так, чтобы в зимний период в полосах сменяли друг друга рыхлая (зябрь) и уплотненная (посевы озимых культур, многолетних трав) пашня. Если по каким-то причинам это невозможно сделать, то тогда одна полоса угодья должна обрабатываться под зябрь плугом, другая орудиями, оставляющими на поверхности почвы стерню и растительные остатки (плоскорез, чизель, параплау, стойки СибИМЭ и др.). В летний период одни полосы (например, четные) должны заниматься культурами сплошного сева (озимые, однолетние и многолетние травы и другие), а другие (нечетные) – эрозионно-опасными (чистый пар или пропашные культуры).

Основная особенность этого мероприятия заключается в том, что при его проведении не требуется специальных машин и каких-либо существенных изменений в приемах обработки почвы и технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Контурно-полосное размещение противостоит развитию процессов смыва как в период стока талых вод, так и во время выпадения ливневых дождей. Защита почв от смыва осуществляется за счет одновременности таяния снега в полосах, различных водно-физических свойств почвы, использования противоэрозионной функции растительного покрова, высеваемых в полосах культур, а также создания на границах полос (в процессе их обработки) валов с широким основанием [6–8].

Учет талого и дождевого стока в степной зоне Юга России при сплошном и полосном размещении рыхлой и уплотненной пашни показал, что в годы слабой его интенсивностью (до 15 мм), все-то количество талой или дождевой воды, которое стекало с полос посевов озимой пшеницы, поглощалось полосами зяби в полном объеме.

При большом объеме стока, когда он формируется не только на посевах озимых культур, но и зяби, полосное размещение культур позволяет задерживать до 20 мм стока талых вод. Этому способствуют валы с широким основанием на границах полос. Образуются они в результате вспашки, которая производится только вдоль полос и в развал. Через 4–5 лет высота валов достигает 15–30 см, с шириной у основания 2,5–3 м. Они, в значительной степени, «консервируют» рельеф, четко фиксируя границы контура. Валы с широким основанием не мешают нормальной работе, почвообрабатывающих и посевных агрегатов, но преграждают путь потокам талой и дождевой воды [9, 10].

В зависимости от крутизны склона и культур, высеваемых в полосах, рекомендуется ниже следующие ширины агрополос (таблица 2).

**Таблица 2 – Рекомендуемая ширина полос под различными сельскохозяйственными культурами в зависимости от крутизны склона**

Крутизна склона, град.	Рекомендуемая ширина полос, м	
	При чередовании многолетних трав с однолетними культурами	При чередовании однолетних культур сплошного посева с чистым паром или пропашными
1–3	100–70	80–60
3–5	70–55	60–50
5–8	55–40	50–40

Если поле, разбиваемое под полосы, не должно засеиваться и такая ситуация складывается осенью, то в данном случае на нем могут чередоваться полосами различные виды обработки почвы – отвальная и безотвальная.

Размещение полос должно быть прямолинейно-контурное, т. е. вдоль основного направления горизонталей, причем на отдельных отрезках направление границ может быть изменено в соответствии с изменением горизонталей

Контурное размещение границ полос может дополняться проектированием внутри полей и рабочих участков буферных полос из многолетних трав [11, 12].

Допустимая протяженность линейных элементов вдоль склона или под углом к горизонталям определяется с помощью данных, приведенных в таблице 3 по самым эрозионноопасным агрофонам или культурам [12].

**Таблица 3 – Шкала допустимой длины стока по рабочему направлению, м**

Уклон, град.	Пар чистый, сахарная свекла, кукуруза на зерно			Подсолнечник, кукуруза на зеленый корм и силос			Озимые, яровые зерновые, пар занятый (вика- овес)		
	Группа почв								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,5	101	204	283	136	272	378	207	416	577
1,0	63	126	175	84	168	233	127	256	355
1,5	50	100	138	66	133	184	101	203	281
2,0	43	83	120	58	116	160	83	176	244
2,5	39	79	110	52	105	145	80	160	222
3,0	36	74	10	49	98	136	75	150	208
3,5	34	70	97	46	93	129	71	142	197
4,0	33	67	98	44	89	123	68	136	189
4,5	32	65	90	43	86	120	66	132	183
5,0	31	63	87	42	84	117	64	129	178
5,5	30	62	86	41	82	110	63	125	174
6,0	30	61	84	40	81	112	61	123	170
6,5	29	60	83	39	79	110	60	121	168
7,0	29	59	82	39	78	108	60	119	165
7,5	28	58	80	38	77	107	59	117	163
8,0	28	58	80	38	76	106	58	117	161
8,5	28	57	79	37	75	105	58	115	161
9,0	28	56	78	37	75	103	57	114	158
9,5	28	56	77	37	74	103	57	113	157
10,0	27	55	77	37	73	102	56	112	156

Таким образом, основными организационно-хозяйственными компенсационными мероприятиями являются требования к размещению линейных элементов (границ полос сельскохозяйственных культур, лесных полос и др.) и проведению агротехнических мероприятий поперек движения поверхностного стока.

## 4.2 Агротехнические стокорегулирующие мероприятия

Одним из важных элементов компенсационной системы являются агротехнические приемы. Они способны обеспечить полезную отдачу в виде повышения урожайности, уже в первый год своего применения. К ним относятся: почвозащитная обработка и способы посева, удобрения, создание кулис, мульчирование, снегозадержание и др.

Ведущее место среди них занимает обработка почвы. Она регулирует соотношение объемов твердой, жидкой и газообразной фаз почвы, придает определенную направленность физическим, физико-химическим, биологическим свойствам почвы от которых зависит объем стока талых и дождевых вод, смыв почвы [13].

С помощью обработки можно повысить водопроницаемость почвы, создать на полях водозадерживающий микрорельеф, придать поверхности пашни с помощью безотвальной обработки (плоскорезной, чизельной, поверхностной и др., мульчирования) более устойчивое к смыву состояние, рассеять концентрированный поверхностный сток, а в случае необходимости отвести его в эрозионно-безопасное место. Большинство из этих приемов являются влагосберегающими, так как с их помощью улавливают и задерживают осадки на месте выпадения, переводят их в более глубокие слои почвы, уменьшают испарение [13].

Агротехнические приемы, направленные на защиту почв от поверхностного стока, условно можно разделить на две группы: общие и специальные. Общие приемы обработки почвы те, для проведения которых не требуется специальная техника. Они осуществляются орудиями общего назначения с учетом некоторых особенностей почвозащитной агротехники. Главная их задача – выполнение обычных агротехнических операций.

К общим почвозащитным приемам относятся: вспашка, плоскорезная, чизельная, различные виды минимальных обработок, культивация, посев поперек склона или по горизонталям рельефа, выбор необходимой, сообразно конкретным условиям глубины обработки почвы, исключение операций, связанных с выравниванием поверхности почвы при проведении поздних осенних обработок [13, 14].

Анализируя противоэрозионную эффективность общих почвозащитных приемов, можно сделать вывод, что им принадлежит скромная роль в задержании стока талых и дождевых вод и уменьшении смыва почвы.

Для обеспечения максимального задержания осадков на месте их выпадения необходимы специальные агротехнические приемы. К специ-

альным приемам обработки почвы относятся те, которые усложняют технологические процессы по сравнению с общими. Специальные почвозащитные приемы выполняются не только специальными средствами механизации, но и орудиями общего назначения. Обычный плуг ПН-4-35 можно использовать для напашки распылителей стока или проведения фигурного валкования [14, 15].

Специальные агротехнические приемы по своему назначению делятся на несколько групп:

- приемы, направленные на создание противэрозионного микро-рельефа на поверхности пашни (лункование, прерывистое, а также извилистое или фигурное бороздование, создание микролиманов, обвалование простое и фигурное, ячейкование);

- приемы, повышающие водопроницаемость почв (щелевание, кротование, почвоуглубление, обработка чизелем на глубину свыше 30 см, глубокое полосное рыхление);

- приемы, придающие поверхности пашни устойчивую поверхность (микрокулисная обработка, мульчирование, обработка поверхности пашни полимерами, сохранение на поверхности почвы пожнивных остатков);

- приемы, обеспечивающие задержание снега на полях (посев кулис, поделка снежных валиков, полосное уплотнение) [13].

Для более полного понимания стокорегулирующей роли специальных агротехнических приемов остановимся на некоторых из них:

- щелевание – агромелиоративный прием, применяемый для улучшения водно-физических свойств слабопроницаемых почв. Осенью проводится щелевание полей, вспаханных на зябь, а также на посевах озимых культур и многолетних трав. На односкатных склонах щели нарезаются поперек, на сложных – в направлении, близком к горизонтам местности;

- кротование состоит в создании на некоторой глубине от поверхности почвы системы пустот в виде цилиндрических ходов, параллельных поверхности. Кротовины делаются при помощи кротователя, который создает на глубине 35–40 см от поверхности почвы круглые ходы диаметром 6–8 см на расстоянии 0,7–1,4 м друг от друга. Кротование положительно влияет на свойства почвы: улучшает ее водопроницаемость, распределение влаги по профилю. В условиях избыточного увлажнения кротование позволяет избавиться от лишней влаги [14, 15];

- прерывистое бороздование – прием, позволяющий задержать сток и предотвратить смыл на склонах крутизной до 5°. Во избежание концентрации стока бороздами их делают прерывистыми, с перемычками. Расстоя-



ние между линиями борозд по склону до 10 м в зависимости от количества воды, которое предусмотрено задержать в них.

Длина отрезков борозд устанавливается в 5–10 м, длина разрывов между ними – (1–1,5) м, расстояние между бороздами 1,5–3,0 м. Отрезки борозд на склоне размещаются в шахматном порядке. Прерывистое бороздование эффективно на зяби и парах, в междурядьях пропашных культур, садов, лесных полос. Для задержания дождевых вод борозды прокладывают вдоль горизонталей, а для безопасного отвода ливневых вод – под острым углом к горизонталям;

- обвалование зяби. При обваловании создаются временные земляные валики поперек склона. Создание валиков высотой 15–25 см позволит полностью предупредить поверхностный сток со склонов относительно небольшой крутизны. Обвалование можно проводить одновременно с бороздованием зяби;

- лункование. При лунковании на зяби и парах готовится сеть замкнутых лунок, ячеек и других углублений различной формы, равномерно распределенных на поверхности склонов.

Наиболее эффективно гребнистая вспашка, лункование, бороздование сочетать с другими приемами обработки почвы – глубокой или комбинированной пахотой, а также снегозадержанием. Мощность рыхлого слоя под лунками, бороздами и другими понижениями должна составлять около 25–27 см;

- мульчирование. В качестве мульчирующего материала используют солому, листья, навоз, торф, опилки, пожнивные остатки и пр. Мульча защищает поверхность почвы от прямых ударов дождевых капель, препятствует взмучиванию частичек почвы, защищает водопрводящие поры от заиления. Высокая эффективность мульчирования во всех зонах обусловила новое направление в защите почв с помощью использования стерни, пожнивных остатков при безотвальной и минимальной («нулевой») обработке почвы. Мульча и стерня задерживают снег, уменьшают глубину промерзания почвы, что способствует лучшему впитыванию талых вод и, следовательно, снижению поверхностного стока.

Для создания равномерного снежного покрова применяют снегозадержание и регулирование снеготаяния, снегозащитные устройства. Снегозадержание снижает глубину промерзания, ускоряет оттаивание почвы, улучшает впитывание снеговых вод, уменьшает в два–три раза поверхностный сток. На склонах более 5° снег прикатывают катками [13–16];

- полосное уплотнение снега эффективно при проведении его в пери-

од оттепелей. Оно способствует накоплению дополнительного количества снега на уплотненных полосах, растягивает период снеготаяния и, следовательно, уменьшает его среднюю интенсивность. Кроме того уплотненные снежные полосы уменьшают скорость стекания воды и задерживают смытую с проталин почву. Ширина полос 3–4,5 м, расстояние между ними зависит от крутизны склона и мощности снежного покрова; обычно оно составляет 5–8 м;

- снеготаяние можно регулировать путем полосного обнажения почвы или зачернения снега золой, торфом, почвой полосами шириной 2–3 м с расстоянием между ними 5–15 м. На зачерненных полосах проталины образуются быстрее, а снег сходит раньше, чем с незачерненных. При этом запасы влаги в почве увеличиваются на 10–15 мм, смыв почвы уменьшается в два–три раза, а урожайность зерновых повышается на 1–4 ц/га.

Стокзадерживающая эффективность различных агротехнических мероприятий приведена в таблице 4 [13].

**Таблица 4 – Данные по водозадерживающей способности различных агротехнических приемов**

Агротехнические приемы	Величина задержанного стока, мм
Отвальная обработка на глубину 20–22 см	4–5
Глубокая вспашка на глубину 27–30 см	8–10
Глубокая вспашка на глубину 27–30 см +почвоуглубление на 10–15 см	12–13
Глубокая безотвальная (чизельная) обработка на глубину 32–40 см	16–18
Плоскорезная обработка на глубину 20–22 см	3–4
Обвалование зяби	15–16
Создание нанорельефа на зяби	10–18
Создание нанорельефа на посевах зерновых колосовых культур	8–12
Создание нанорельефа на посевах пропашных культур	10–15
Щелевание уплотненной пашни	15–25
Полосное размещение уплотненной и рыхлой пашни	15–20

Несмотря на невысокую стокзадерживающую способность агротехнических приемов – величина задержанного стока ограничивается 20–25 мм (таблица 4), что соответствует 30 % величине превышения стока талых

вод – их применение является обязательным элементом в системе компенсационных мероприятий.

Это обстоятельство определяется так же рядом других позитивных положений:

- они являются сравнительно дешевыми и легкодоступными, так как выполняются одновременно с одной из технологических операций в процессе возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры;

- задерживают осадки на месте их выпадения, способствуя тем самым дополнительному накоплению влаги в почве, что особенно важно в районах с неустойчивым и недостаточным увлажнением;

- обеспечивают полезную отдачу в виде повышения урожайности (от 1 до 4 ц/га зерновых колосовых культур) уже в первый год применения;

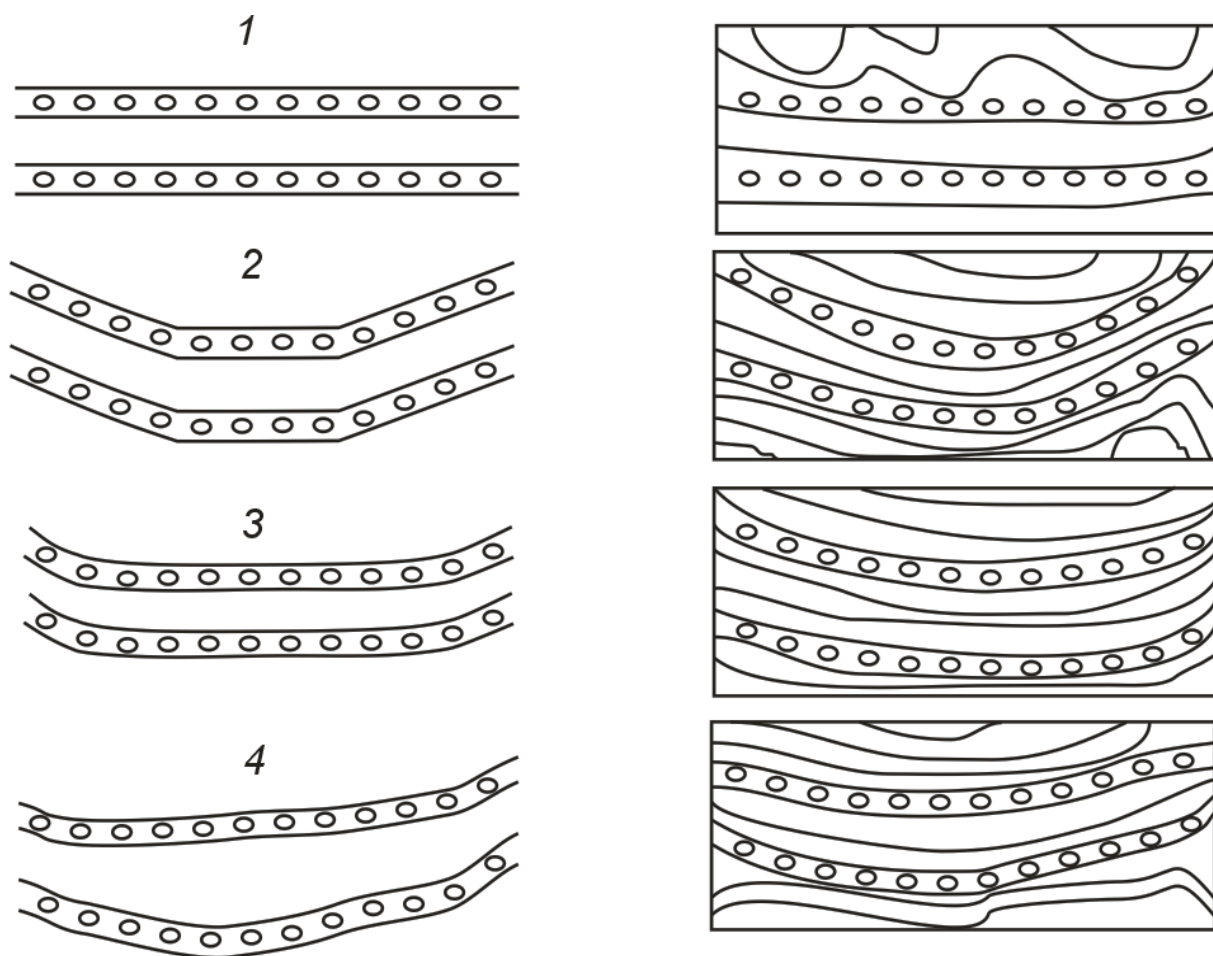
- не усложняют проведения уходных работ и не мешают проведению других технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур.

### **4.3 Агролесомелиоративные мероприятия**

#### **4.3.1 Стокорегулирующие лесные полосы**

Главное предназначение стокорегулирующих лесных полос зарегулировать поверхностный сток на склоновых землях, предупреждая и уменьшая смыв почвы. Стокорегулирующие лесные полосы в степной зоне юга РФ одновременно выполняют и ветроломные функции, способствуют дополнительному снегоотложению, уменьшению глубины промерзания и повышению инфильтрационной способности почв.

Стокорегулирующие лесные полосы размещают поперек линий тока воды на склонах более  $1,5-2^\circ$ , где смыв превышает допустимую величину, следующими способами (рисунок 2): параллельно-прямолинейно (1) – на склонах с прямым поперечным профилем; параллельно-прямолинейно-контурно (2) – на склонах собирающего и рассеивающего типов с неравномерным расстоянием между горизонталями; параллельно-контурно-нерямолинейно (3) – на склонах собирающего и рассеивающего типов с равномерным расстоянием между горизонталями; контурно (4) со спрямлением на ложбинах собирающих и рассеивающих склонов с неравномерным расстоянием между горизонталями. При контурном размещении лесомелиоративных систем вспомогательные лесные полосы не проектируются [17].



1 – параллельно-прямолинейно; 2 – параллельно-прямолинейно-контурно;  
 3 – параллельно-контурно-непрямолинейно; 4 – контурно

### **Рисунок 2– Некоторые примеры трассирования лесных полос на склонах разной крутизны**

Лесные полосы, воздействуя на энергомассообмен в приземном слое, обуславливают ряд специфических особенностей проявления факторов, определяющих эрозионные и гидрологические процессы [18]. Изменяя ветровой режим, лесные полосы способствуют дополнительному снегоотложению в зоне их влияния, уменьшению глубины промерзания почвы, вследствие чего повышается их инфильтрационная способность и улучшается водный режим. Особенности снегоотложения и снеготаяния в системе лесных полос предопределяет закономерное освобождение почвы от снега, сначала в центре межполосного пространства и значительно позже в шлейфовой зоне лесных полос. Это определяет условия происхождения стока талых вод и проявления процесса «смыва – аккумуляции» почв в разных зонах межполосного пространства.

Расстояние между лесными полосами определяется в зависимости от длины и крутизны склона [8, 10].

На склонах до 4° расстояние между стокорегулирующими полосами не должно превышать: на серых лесных почвах и оподзоленных черноземах – 350 м, на выщелоченных, типичных, обыкновенных и южных черноземах – 400 м, на каштановых почвах – 300 м.

На склонах круче 4° расстояние между полосами уменьшается до 100–200 м. Стокорегулирующие полосы создают ажурные, а на ветроударных склонах – ажурной и продуваемой конструкции шириной не более 15 м. При наличии бросовых земель в нижней части склона ширина стокорегулирующей полосы, создаваемой на границе пахотных и бросовых земель, увеличивается до 50 м и более [8]. Величина задержанного стока стокорегулирующей лесной полосой составляет 25–30 мм.

Для увеличения водозадерживающей способности лесополосы следует сочетать с простейшими гидротехническими сооружениями, валами, прерывистыми канавами в нижнем междурядье [15]. Это проводят с целью обеспечения временного затопления почв лесной полосы, интенсивного впитывания воды почвой во время снеготаяния и ливней, задержания максимально возможного объема воды в лесополосе и тем самым уменьшения стока, кольматажа твердого стока, принесенного водным потоком. Обвалование нижней опушки лесополосы проводят двухкратным проходом плантажного плуга с отваливанием пласта в сторону лесополосы. При этом образуется вал высотой примерно 50 см. В валах рекомендуется устраивать водосбросы глубиной 10 см и шириной 2 м, закрепляемые дерниной или каменной наброской. Для лучшего задержания воды и предотвращения ее стока вдоль вала рекомендуется иметь через каждые 40–80 м насыпные поперечные перемычки [16, 19].

Стокорегулирующие лесные полосы, размещенные с учетом рельефа, способны сократить сток талых вод на величину до 4–7 мм в маловодные годы и до 24–34 мм в многоводные годы [20].

### **4.3.2 Прибалочные лесные полосы**

К прибалочным лесным полосам относятся защитные лесные насаждения располагающиеся преимущественно неширокими лентами на нижних частях склонов, примыкающих к бровкам балок. Назначение прибалочных насаждений регулировать снегоотложение и поверхностный сток талых и ливневых вод, переводя их во внутрпочвенный; укреплять кор-

нями почву, предотвращая ее разрушение на перегибе рельефа от присетьевого фонда к гидрографическому. Ширина таких полос может варьировать от 12–15 до 25–30 м, а их конструкция может изменяться от продуваемой и ажурной до плотной в зависимости от конкретных условий их применения [13, 21–23].

Однако во всех случаях в прибалочных насаждениях желательно наличие подлеска, хотя бы низкорослого, и обязательно – мощной лесной подстилки, помогающей предохранять почву под насаждениями от глубокого промерзания, обеспечивать хорошее водопоглощение почвогрунтом и кольматаж твердого стока.

Прибалочные лесные полосы являются связующим элементом между водосбором и балкой. Располагаются они в присетьевой части в полосе средне- и сильносмывтых почв, характеризующихся пониженным содержанием гумуса, ухудшенными водно-физическими. Здесь в основном протекают процессы смыва и размыва, как за счет собственного стока, так и в значительной степени за счет подтока с вышележащих территорий. Данная часть земельного фонда характеризуется значительной расчлененностью ложбинами и лощинами, вызывающими сильную концентрацию водных потоков. Типы агроландшафтов, на которых расположены прибалочные полосы, балочно-овражные, овражно-балочные и овражно-полевые [7, 13, 14].

На ложбинистых склонах водозадерживающая способность лесных полос проявляется не по всей ее длине, а лишь в микропонижениях, ложбинах, где концентрируются потоки воды, поэтому здесь необходимо совмещать лесополосу с простейшими гидротехническими сооружениями (валы, запруды) усиливая их водопоглощающую функцию канавами, заполненными органическим наполнителем (солома, стебли кукурузы, подсолнечника, порубочные остатки). Такой лесогидротехнический комплекс способен задерживать до 40–50 мм поверхностного стока.

### **4.3.3 Приовражные лесные полосы**

Приовражные лесные полосы предотвращают рост действующего оврага, защищают его откосы от размыва, регулируют поверхностный сток, улучшают микроклимат на прилегающей территории, оттеняют откосы, улучшают их гидрологический режим, способствуют естественному зарастиванию и рациональному использованию эродированных земель. Полосы размещают вдоль оврагов на расстоянии ожидаемого осыпания

откоса, но не ближе 3–5 м от бровки оврага с установившимися откосами или на расстоянии 1–2 м от будущей бровки. Местонахождение бровки можно определить исходя из глубины оврага и угла естественного откоса данного грунта. При скреплении почвы корневыми системами древесных пород и кустарников угол естественного откоса повышается [22–24].

При наличии отвершков и промоин приовражную полосу создают вдоль каждого из них, но только в том случае, если расстояние между ними более 100 м. При меньшем расстоянии создают одну полосу, расположенную выше вершин отвершков и промоин, а площадь между ними подлежит залужению или облесению.

Приовражные полосы создают плотной конструкции шириною 12,5–21 м. Вдоль вершины оврага, в которую поступает основной объем стекающих вод, полосы высаживают шириною 21 м и более.

Облесение склонов и донной части оврагов и балок проводят после завершения комплекса противозэрозийных работ в пределах водосбора и русловой части овражно-балочной сети, а также в том случае, если указанные земли нельзя использовать для выращивания трав, плодовых или виноградных культур.

Склоны и берега оврагов и балок северных, северо-западных экспозиций наиболее благоприятны для выращивания леса. Склоны и берега южных экспозиций, особенно если они находятся под ударами ветра, имеют неблагоприятные условия для выращивания леса. В пределах каждой из этих экспозиций лучшие лесорастительные условия создаются в нижней части берегов. В связи с этим облесительные работы даже на достаточно пологих склонах всегда надо начинать с нижней части. Верхняя и средняя части склонов оврага или балки могут быть оставлены для естественного облесения за счет приовражной и прибалочной полосы, а также за счет насаждения в нижней части склона.

Облесение донной и русловой части оврагов и балок можно проводить сплошной посадкой леса или плодово-ягодных насаждений. В этом случае русло должно быть неразмываемым, приближающимся по своей крутизне к углу естественного откоса. При значительном стоке воды и больших скоростях течения центральную часть русла и днища (водоток) оставляют необлесенной для пропуска талых и ливневых вод. В этой части можно высаживать только кустарниковые ивы [23, 25].

Стокорегулирующие, прибалочные и приовражные лесные полосы создают смешанными из нескольких древесных пород, а в необходимых случаях и кустарников, высаживаемых чистыми рядами. В стокорегули-

рующих полосах кустарники размещают со стороны стока в крайних рядах, а иногда и внутри полосы, в приовражных и прибалочных – в опушечных рядах, а в ряде случаев – в центральной части полосы. Со стороны пастбищ в прибалочные и приовражные полосы вводят колючие кустарники. Для скрепления почвы корнями в крайние к бровке оврага ряды приовражных полос высаживают корнеотпрысковые засухоустойчивые породы, а для обсеменения откосов оврагов – клены и акацию белую.

#### **4.3.4 Лесные насаждения вокруг прудов и водоемов**

Лесные насаждения вокруг прудов и водоемов создаются для защиты берегов от разрушения поверхностным стоком, водоемов – от заиления продуктами смыва почвы. Ширина водоохраных лесных насаждений (полос) вокруг прудов и водоемов в зависимости от крутизны склона и механического состава почвы колеблется от 10 до 20 м.

Лесомелиоративные противоовражные мероприятия проводятся для приостановления роста и закрепления действующих оврагов с целью перевода поверхностного стока во внутрипочвенный, увеличения противоэрозионной устойчивости почвы, распыления поверхностного стока и скрепления почвенного грунта. Применяются два вида насаждений:

- приовражные, прибалочные и надвершинные лесонасаждения;
- облесение сетевого фонда – дна и откосов оврагов, балок.

Приовражные и прибалочные лесные полосы создаются на расстоянии 2–5 м от бровок и над их вершинами для перехвата поверхностных вод и скрепления почвенного грунта корневыми системами с целью замедления или полного прекращения роста оврагов. Ширина приовражных и прибалочных лесных полос должна быть не менее 15 м [10, 16, 17, 25].

Надвершинные насаждения создаются в основном над головными вершинами действующих оврагов, ширина их соответствует ширине водоподводящих ложбин; протяженность зависит от площади водосброса. Сплошное облесение проводится на откосах оврагов крутизной  $8^\circ$  и более, а также на берегах балок (лощин), которые малопригодны для луговых и пастбищных угодий. Облесение откосов оврагов допускается только в том случае, если откосы сформировали устойчивый профиль. Лесные насаждения на дне оврага позволяют избежать дальнейшего его углубления. На ранней стадии развития дно оврага узкое и облесение произвести трудно, поэтому первоначально устраняют запруды, а затем дно закрепляют влаголюбивыми быстрорастущими породами деревьев.



Таким образом, проектирование лесомелиоративных насаждений в комплексе с другими мелиоративными мероприятиями должно обеспечивать снижение поверхностного стока до допустимых пределов с учетом специфики размещения и взаимодействия разных элементов в агролесоландшафте.

#### **4.4 Лугомелиоративные приемы**

Создание экологически устойчивых агроландшафтов предусматривает рациональное использование земель гидрографического фонда (частично III и полностью IV агроландшафтные полосы).

Эти земли испытывают наибольшую нагрузку, так как через них проходит поверхностный сток воды со всей водосборной площади. Они в небольшой мере поражены оврагами и нуждаются в мелиорации не только с позиций повышения продуктивности земель, но и с позиций охраны рек и водоемов от транспортируемых через эти системы продуктов смыва. Кроме того, предупреждение оврагообразования, приостановление роста оврагов на этих землях сохранит от разрушения пашню на прилегающих к балочной сети склонах [7, 10, 14].

В лесостепной, степной и сухостепной зонах земли гидрографического фонда занимают естественные кормовые угодья, отличающиеся большим разнообразием экологических условий, что связано с пестротой почвенного покрова и низким его плодородием. В большинстве случаев это почвы различной степени эродированности, каменистые неполноразвитые, засоленные, солонцеватые. Природный травостой в результате выпаса скота сильно изрежен, из видового состава исчезают ценные в кормовом отношении травы и внедряются малоценные, сорные и ядовитые растения, разрушается дернина.

Ухудшение травостоя кормовых угодий ведет к усилению поверхностного стока талых и дождевых вод. Поэтому мероприятия, направленные на улучшение и повышение продуктивности земель гидрографического фонда осуществляются за счет снижения поверхностного стока, кольматации твердых наносов.

Для повышения продуктивности сенокосов и пастбищ, а, следовательно, и противозерозионной устойчивости, рекомендуется проводить поверхностное и коренное их улучшение. При поверхностном улучшении травостоя проводят дискование, подсев семян многолетних трав, вносят удобрения, на склонах балок перед уходом в зиму делают щелевание. Ко-

ренное улучшение предполагает зяблевую вспашку, если мы имеем на мелиорируемом участке достаточно мощный гумусовый слой, или безотвальное рыхление на маломощных и на почвах легкого гранулометрического состава. До этого проводят тщательную разделку дернины тяжелыми дисковыми боронами. Перед посевом почвы культивируют, боронуют, прикатывают.

Сотрудниками ВНИАЛМИ предложены критерии выбора способов улучшения травостоя при поверхностном и коренном улучшении мелиорируемых участков (таблица 5) [21].

**Таблица 5 – Критерии выбора и содержание способов улучшения травостоя**

Вид улучшения	Условия применения	Состав мероприятий
Поверхностное	На слабopоpажeнных овpагами балочных склонах крутизной до 20° при угнетенном состоянии травостоя и при наличии не менее 25 % ценных трав	Подготовка площади (расчистка кустарника, удаление кочек, засыпка промоин и др.), регулирование поверхностного стока, уход за дерниной и травостоем (боронование, уничтожение сорной растительности, подсев трав, снегозадержание, удобрение, щелевание и др.), лесомелиорация
Коренное	На эродированных склонах с деградированным травяным покровом и долей ценных трав менее 25 %	Регулирование поверхностного стока, планировка поверхности с уничтожением дернины, посев травосмеси, удобрение, лесомелиорация. На склонах крутизной 20° – предварительное террасирование
Самомелиорация и содействие ей	На сильноэродированных крутых склонах, каменистых, засоленных почвах	Регулирование стока на водосборе, лесомелиорация, устройство очагов инспермации

Лугомелиоративные мероприятия предусматривают залужение склонов, что является эффективным методом борьбы с поверхностным стоком. Травянистая растительность имеет мощную разветвленную корневую систему и густую надземную часть, прочно скрепляет верхние горизонты почвы, создавая на пути стока большую шероховатость, благодаря которой снижается скорость течения водных потоков и происходит кольматаж (отложение твердого стока). За счет задержанного мелкозема и отпада органического вещества растений постепенно восстанавливается плодородие смытых почв. Залужение склонов позволяет в большинстве случаев почти полностью предотвратить эрозионные процессы и повысить продуктивность угодий.

При залужении участков плодородных земель необходимо подобрать высокоурожайные травы и их смеси, способные быстро создавать густой травостой и прочную дернину, предохраняющую почву от эрозии.

Злаковые травы создают загущенный, а бобовые – рыхлый травостой. Смесь трав для проведения залужения подбирается с учетом степени эродированности почв, экспозиций склонов и способа использования территории.

В лесостепной зоне высокую урожайность обеспечивают травосмеси из эспарцета песчаного и овсяницы луговой, костреца безостого и овсяницы луговой, костреца безостого и люцерны синегибридной и одновидового посева овсяницы луговой. Для склонов южной экспозиции (среднесмытые почвы) целесообразно применять травосмесь, включающую эспарцет песчаный и кострец безостый, а на сильносмытых – одновидовой посев эспарцета песчаного. Для создания пастбищ в степной зоне состав травосмесей должен состоять из низовых поукосных и корневищных злаков, из бобовых – люцерна желтая. Для сенокосов – верховые злаки и люцерна синегибридная. Для залужения переувлажненной части днищ балок рекомендуется использовать канареечник тростниковый, кострец безостый, бекманию, пырей ползучий, тимофеевку луговую, клевер белый и др. [8, 10, 14].

Для залужения земель в пределах гидрографического фонда применяют травосмеси из 2-4 видов трав. Формируют травосмеси с учетом почвенных условий, лесорастительной зоны, экспозиции и крутизны склона.

Перед залужением выравнивают промоины, а затем в зависимости от степени эрозионности склона производят сплошную или полосную вспашку. На крутых (до 12°) берегах гидрографической сети во избежание смыва и размыва применяют полосное залужение. Распаханные полосы шириной 40–50 м чередуют с нераспаханными (буферными) шириной 10–15 м. Через

2–3 года, когда посеянная травянистая растительность способна защитить склон от эрозии, распахивают и засеивают буферные полосы. На более крутых берегах (свыше 12°), подверженных сильной эрозии, почву пахут полосами шириной 20–30 м с оставлением защитных (буферных) полос шириной 15–20 м [8].

Для склонов южной экспозиции рекомендуется применять засухоустойчивые травы – люцерну желтую, житняк, пырей и кострец безостый.

Для пастбищного использования в сухостепной зоне рекомендуются следующие травосмеси: люцерна Кубанская желтая, донник; житняк, кострец безостый; люцерна Кубанская желтая, донник, житняк; люцерна Кубанская желтая, донник, пырей сизый или солончаковый.

В случае недостатка семян трав можно применять двухкомпонентные смеси: люцерна Кубанская желтая, житняк; люцерна Кубанская желтая, пырей сизый.

При сенокосно-пастбищном использовании в травосмесь включают люцерну синегибридную.

#### **4.5 Гидротехнические мероприятия**

При правильном применении на пашне комплекса мероприятий в условиях контурно-мелиоративной организации территории агроландшафтов сток талых и ливневых вод будет сводиться к минимуму, уровень роста оврагов значительно снизится, а поэтому не всегда возникает необходимость в применении системы гидротехнических сооружений [6–8].

Гидротехнические стокорегулирующие мероприятия предполагают создание гидротехнического сооружения, которое применяется лишь в случаях, когда агротехнические и лесомелиоративные мероприятия не обеспечивают необходимой защиты почв и рост оврагов, а также экономически оправданы.

По назначению гидротехнические сооружения подразделяются на три группы: задерживающие стекающие в овраг стоковые воды на приовражной полосе; осуществляющие безопасный сброс поверхностных вод в овраги; укрепляющие дно и откосы оврага от дальнейшего размыва и разрушения.

Водозадерживающие валы применяются для борьбы с ростом вершин оврагов. Они задерживают полевой сток, предотвращают рост оврагов, увлажняют почву на прилегающих участках и ослабляют эрозию нижележащих угодий. Наибольший эффект они дают при величине водосбо-

ра до 30 га с уклоном поверхности до 2–3° и до 5 га – при уклоне 3–6°. Количество водозадерживающих валов и их размеры зависят от объема воды, подлежащей задержанию. Более эффективна система валов, рассчитанная на полное задержание ливневого стока 10 %-ной обеспеченности (максимальный сток за 10 лет). Водозадерживающие валы чаще размещают перед вершиной действующего оврага – первый на расстоянии, равном двойной или тройной высоте вершины оврага. Гребни вала, перемычки должны быть строго горизонтальными. Для ограничения движения воды вдоль вала на его концах устраивают шпоры, а на остальной части через каждые 50 м – перемычки. Широкое распространение получили валы, имеющие общую высоту 1,2 м, рабочую – 0,8–1,0 м, ширину по гребню – (2–2,2) м, ширину основания 5–6 м, откосы – полукоренные или мокрый откос – двойной, сухой – одинарный. Устройство водозадерживающих земляных валов начинают со вспашки площади, намеченной под гребни вала и выемку. После этого осуществляется насыпка валов бульдозерами или скреперами [6, 8, 14, 16].

Водоотводящие валы и каналы сооружают поперек склона перед вершиной оврага для перехвата и отведения стока в безопасное место. Они размещаются под небольшим углом к горизонталям. Крутизна падения русел этих сооружений не превышает 0,5–2°. Это обеспечивает замедление скорости потока воды до такой степени, что не вызывает размыва. Рост вершины оврага может быть приостановлен устройством водозадерживающих валов в сочетании с водоотводящими валами и канавами. В этом случае водоотводящие сооружения располагаются между вершиной оврага и первым водозадерживающим валом. Они призваны отвести воду, которая не была задержана водозадерживающими валами, в безопасную в эрозионном отношении зону.

Водосбросные вершинные сооружения представлены: быстроточками, ступенчатыми перепадами или консольными сбросами.

Запруды устраивают для ликвидации донных размывов и прекращения выноса почвенных частиц в реки, водоемы. Наиболее простыми являются запруды из фашин и плетней, устраиваемые высотой 0,4–0,8 м. Примерное число запруд может быть определено делением высоты оврага (разность между высотой верхней и нижней точек оврага) на высоту запруды.

Валы с широким основанием (валы-террасы, гребневидные террасы), которые используются под возделывание культур.

Валы-террасы на склонах крутизной 4–5°, имеют высоту до 0,5–0,7 м, ширину 3–8 м, размещаются через 25–45 м одна от другой. Валы-

террасы рекомендуется строить для полного задержания стока в районах с недостаточным увлажнением, для перехвата части стока воды со склона и предупреждения смыва путем регулируемого сброса излишних осадков на землях избыточного увлажнения.

Для приостановки роста оврагов применяется обвалование и борьба с образованием оврагов. Безопасный отвод и сброс воды обеспечивается водоотводящими каналами, распылителями стока, при помощи быстротоков и перепадов. При освоении склонов от 10 до 35° для посадки насаждений нарезают по горизонталям ступенчатые террасы шириной 2–4 м [6, 10, 14].

Таким образом, гидротехнические сооружения производят задержание и регулирование поверхностного стока с помощью террас различного типа, валов, водоотводных канав на склонах для перехвата и отвода стока талых и ливневых вод, вершинных водотоков, а также выполаживание откосов оврагов.

## **5 Система компенсационных мелиоративных мероприятий для снижения поверхностного стока**

На интенсивно используемых сельскохозяйственных землях в условиях проявления поверхностного стока контроль возможен только при системном применении компенсационных мероприятий [6, 13, 14]. Основу такой системы составляет противоэрозионная организация территории, куда составными частями входят агротехнические, лесо-, лугомелиоративные приемы, технологии, мероприятия и простейшие гидротехнические сооружения. Выбор компенсационных мероприятий не имеет однозначного решения, т. к. всегда можно подобрать несколько различных вариантов, которые обеспечили бы потери от поверхностного стока ниже допустимого уровня.

Основные требования, которым должна отвечать система компенсационных мероприятий заключается в следующем:

- всесторонний учет природно-климатических факторов и зональных закономерностей формирования поверхностного стока талых и дождевых вод;
- оптимальность соотношения организационно-хозяйственных, агротехнических, лесо-, лугомелиоративных мероприятий и гидротехнических сооружений. Это позволит формировать компенсационные системы на основе энергосбережения;

- равнозначность всех приемов и мероприятий, составляющих систему. Одни и те же приемы и мероприятия в зонах с различной интенсивностью проявления поверхностного стока могут нести различную функциональную нагрузку, что в значительной степени будет определять вероятность их применения;

- размещение элементов компенсационной системы следует проводить с учетом вертикальной (склоновой) микроразнообразности, т. е. на основании деления склона на агроландшафтные полосы. Например, с увеличением длины и крутизны склона усиливается насыщенность системы приемами, мероприятиями и т. д.;

- охват компенсационной системой всей эрозионноопасной территории. Только в этом случае возможна эффективная борьба со смывом и размывом почвы;

- сокращение поверхностного стока до допустимых пределов, воспроизводство почвенного плодородия, и на этой основе получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур [14].

### **5.1 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока талых и дождевых вод для первой агроландшафтной полосы**

На первой агроландшафтной полосе необходима система компенсационных мероприятий, обеспечивающая возможно полное поглощение поверхностного стока, так как значительные площади полей приводят к формированию стока в больших объемах и сбросу на нижележащие полосы. В результате чего может произойти усиление процессов смыва почвы.

В качестве основных элементов организации территории приняты система полевых и стокорегулирующих лесных полос, а также контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов [6, 13, 26].

Контурно-полосное размещение культур и агрофонов по сравнению со сплошным имеет целый ряд преимуществ:

- благодаря чередованию в полосах культур с различными почвозащитными свойствами, агрофизическими показателями обрабатываемого слоя, разными периодами сева и уборки резко уменьшается проявление поверхностного стока;

- при контурно-полосном размещении культур и агрофонов достигается наибольшая выравненность почвенного покрова, рельефа, микроклимата, т. е. они совпадают и совмещаются с агроландшафтной полосой. Это

создает условия для проведения весенне-полевых работ, одинаковых в пределах полосы, применения одинаковых доз удобрений и, в конечном итоге, обеспечивает получение устойчивого урожая;

- благодаря чередованию на поле полос низкорослых культур с высокорослыми, поздних с ранними, чистого пара с посевами создаются более благоприятные условия микроклимата;

- при обработке полос в одном направлении вспашки в развал (по другому их обрабатывать не рекомендуется) через 4–5 лет на границах полос создаются напашы в виде валов с широким основанием. Они не препятствуют обработке почвы, посеву, уборке и служат дополнительным средством для задержания поверхностного стока.

Если при контурно-полосном размещении культур и агрофонов проявляется поверхностный сток (особенно при наличии ложбин), то применяют специальные агротехнические приемы (лункование, бороздование, щелевание и др.). Это позволяет приостановить поверхностный сток внутри полос.

Таким образом, в качестве организации территории для первой агроландшафтной полосы выступает контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов. Валы, образующиеся на границах полос, «консервируют» рельеф, замедляют скорость водных потоков, осаждают мелкозем. Наиболее наглядно это происходит по потяжинам и ложбинам, в результате чего они постепенно сглаживаются, т. е. осуществляется «притирка» территории, занимаемой первой агроландшафтной полосой, и контурно-полосного размещения культур (агрофонов).

Сочетания последнего со специальными агротехническими приемами позволяют полностью контролировать поверхностный сток, т. е. этих двух почвозащитных элементов достаточно для обеспечения почвозащитной, агротехнической и экологической эффективности при эксплуатации земель данной агроландшафтной полосы.

Схожий вариант системы компенсационных мероприятий предложен ВНИИЗиЗПЭ для Центрально-Черноземной полосы. Основу системы составляют стокорегулирующие лесные полосы по границам рабочих участков и буферные полосы на паровых полях, которые размещают поперек основного склона в зернопаровом и зернопаропропашном севооборотах. Площадь пашни не более 60–70 % [27].



## 5.2 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока талых и дождевых вод для второй агроландшафтной полосы

Из земель, вовлеченных в интенсивный сельскохозяйственный оборот, в значительной степени подвержена процессам деградации вторая агроландшафтная полоса.

В степной зоне юга Европейской территории РФ такая система может быть представлена: контурно-полосным размещением сельскохозяйственных культур и агрофонов, применением внутри полос специальных агротехнических приемов, стокорегулирующими лесными полосами, усиленными валами-канавами (простейшие гидротехнические сооружения) [6, 14, 26].

Взаимодействие приемов и мероприятий в рамках системы компенсационных мероприятий для второй агроландшафтной полосы характеризуется рядом критериев:

- сложностью внутреннего строения и внешних взаимосвязей. На систему могут оказывать влияние:

- наличие одного ведущего приема или мероприятия (монодоминантность) фактора, например, системы лесных полос и контурно-полосного размещения сельскохозяйственных культур (агрофонов);

- усиление взаимного действия приемов и мероприятий (синергизм).

Так, усиление стокорегулирующей лесной полосы простейшими гидротехническими сооружениями в виде валов-каналов, а контурно-полосного размещения культур специальными агротехническими приемами многократно усиливает их водопоглощающую роль;

- заменяемость (замещаемость) факторов. При слое весеннего стока в 20–30 мм контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов способно почти полностью его поглотить без применения специальных агротехнических приемов (лункование, бороздование, щелевание и др.);

- неустойчивостью. Действие лесных насаждений в первые шесть–девять лет будет отличаться неустойчивостью до момента, когда межполосное расстояние между лесными полосами будет перекрываться взаимным их действием, или сочетание в полосах чистого пара и озимой пшеницы будет неустойчивым по отношению к ливневой эрозии до той поры, пока величина проективного покрытия почвы под посевами озимой пшеницы не достигнет 45–55 %;

- инерционностью (длительностью действия какого-либо фактора). Например, щели, нарезанные по пласту многолетних трав после промерза-

ния почвы с поверхности 4–5 см и заполненные соломой или каким-либо другим мульчирующим материалом, способны поглощать сток талых вод в течение двух лет. То же самое, но с большим сроком действия, относится к канавам, заполненным органическим наполнителем;

- адаптивностью (приспособляемостью). Системы способны относительно быстро реагировать на изменение внешних условий, например, особенности формирования поверхностного стока.

Были выявлены соотношения между параметрами пространственного строения системы компенсационных мероприятий и количественными характеристиками поверхностного стока.

Оптимальная ширина контурных полос должна составлять 50–60 м при условии применения контурно-полосного размещения культур и агрофонов, специальных агротехнических приемов. Внутрисистемное регулирование стока слоем 60–100 мм обеспечивают лесные полосы шириной 12–15 м, совмещенные с гидросооружениями, имеющими рабочую высоту вала 0,3–0,5 м, глубину канавы 0,5–0,7 м. Расстояние между лесными полосами, усиленными валами-канавами, на склонах до 5° должно составлять 250–300 м, а облесенность пашни составит 5,1 % [6, 13, 14].

Компенсационная система на второй агроландшафтной полосе при слое стока 60–100 мм должна состоять из всех элементов: контурно-полосное размещение культур, специальные агротехнические приемы, лесные полосы, усиленные простейшими гидротехническими сооружениями (таблица 6).

**Таблица 6 – Оптимальная модель системы компенсационных мероприятий для различной обеспеченности стока**

Мероприятие	Объем стока 10 % вероятности превышения, мм				
	20	40	60	80	100
1	2	3	4	5	6
1 Контурно-полосное размещение культур и агрофонов	–	+	+	+	+
2 Проведение специальных агротехнических приемов:					
- лункование, бороздование, поделка микролиманов и др. на зяби и посевах пропашных;	+	+	+	+	+
		(чересполосно)			
- создание мелкого микрорельефа на чистых парах в летний период;	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6
- щелевание посевов озимой пшеницы и многолетних трав;	+	+(чере- респ)	+	+	+
- обработка почвы с сохранением стерни на поверхности	+	+	+	+ + (на ветро- ударных склонах)	
Водорегулирующие и прибалочные лесные полосы	+	+	+	+	+
Простейшие гидротехнические сооружения: - на пашне в сочетании с контурно-полосным размещением;	-	-	+	+	+
- в сочетании с лесными полосами	-	-	+	+	+
Примечание – «-» – мероприятие не проводится; «+» – мероприятие проводится.					

При меньших слоях стока возможно исключение из противоэрозионной системы одного–двух элементов или проведение специальных агротехнических приемов чересполосно.

### **5.3 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока талых и дождевых вод для третьей агроландшафтной полосы**

В качестве элемента организации территории третьей агроландшафтной полосы выступают стокорегулирующая и прибалочная лесные полосы, совмещенные по тальвегу ложбин и лощин с гидротехническими сооружениями в виде валов, канав, запруд.

Между лесными насаждениями сельскохозяйственные культуры (агрофоны) располагаются в виде контурных полос шириной 40–50 м, но с таким расчетом, чтобы непосредственно у прибалочной лесной полосы размещались многолетние травы.

Из специальных агротехнических приемов применяются только те, которые способствуют увеличению водопоглощения: щелевание, кротование, почвоуглубление и др.

Создание водозадерживающего нанорельефа оказывается действенным только в самом начале зарождения ложбин. По мере углубления тальвега и нарастания крутизны склона микролиманы, лунки, борозды не оказывают заметного влияния на сокращение стока талых вод и смыв почвы. Более того, именно в этих случаях проявляется «лавинный эффект» сброса

воды при переполнении микроемкостей, что вызывает усиленный смыв почвы [6, 13, 26].

Особенно значима роль полосы многолетних трав, непосредственно прилегающей к прибалочной лесной полосе. Во-первых, она кольматирует твердый сток, поступающий с вышерасположенных участков, предохраняя тем самым гидротехнические сооружения и водные источники от заиления и увеличивая продолжительность их функционирования. Во-вторых – надежно противостоит размывающему действию концентрированного потока воды по тальвегу ложбин, препятствуя образованию линейных форм размыва. В-третьих – служит водотоком для безопасного сброса излишков талых и дождевых вод. В-четвертых – стабилизирует и улучшает свойства почвы. Все вышеперечисленные качества полосы многолетних трав перед прибалочной лесной полосой указывают на ее незаменимость.

На третьей агроландшафтной полосе облесенность пашни должна составлять 6–6,5 %.

#### **5.4 Система компенсационных мероприятий для снижения поверхностного стока талых и дождевых вод для четвертой агроландшафтной полосы**

В четвертую агроландшафтную полосу входят земли овражно-балочных систем, которые относятся к категории ограниченно используемых в сельскохозяйственном производстве и имеют низкую продуктивность. Используются они преимущественно как суходольные пастбища с большой нагрузкой, что приводит к выбиванию и разрушению естественного травостоя.

Из-за постоянной перегрузки, отсутствия надлежащего ухода, развития процессов эрозии происходит процесс ухудшения видового разнообразия, антропогенного опустынивания. Процесс эрозии сопровождается, с одной стороны, смывом (размывом) почвогрунта, с другой – аккумуляцией наносов в присетьевой и гидрографической частях водосбора. Создание аккумулярующих систем в оврагах и балках способствует снижению процесса размыва путем полного или частичного осаждения твердого стока. Образование мощного тела наносов непосредственно в оврагах или по участкам балок способствует деконцентрации донных потоков, осветлению вод местного стока [6, 13, 14].

Исходя из этого система компенсационных мероприятий четвертой агроландшафтной полосы должна строиться несколько иначе, чем на пахотных склонах: в основу должны быть положены элементы компенса-

онной системы, обеспечивающие максимальную аккумуляцию твердых наносов.

Создание такой системы должно включать следующие виды работ:

- заравнивание промоин на приовражных, прибалочных участках и берегах балок;

- выполаживание действующих оврагов с одновременным устройством гидротехнических сооружений, предотвращающих возникновение новых размывов;

- устройство распылителей стока и противоэрозионных гидротехнических сооружений (водозадерживающих и водоотводящих валов, дамб, перемычек, донных сооружений);

- создание приовражных, прибалочных лесных насаждений по берегам оврагов и балок, а также илофильтров по днищу балок;

- нарезку террас по откосам балок с последующим их залужением или посадкой древесных пород.

С позиции иерархической упорядоченности составляющих элементов данная система выглядит следующим образом: организация территории осуществляется через выполаживание действующего оврага, размещение лесных полос (кулис), простейших гидротехнических сооружений по горизонталям рельефа, илофильтров по дну гидрографической сети, нарезка террас различного назначения на склонах более 5°. При посадке древесных насаждений особое внимание обращается на породный состав, на свойства почвы и условия, способствующие их лучшей приживаемости. Простейшие гидротехнические сооружения для лучшего их функционирования совмещаются с лесными полосами. Фитоформы травянистой растительности в виде трехкомпонентной смеси применяются для залужения участка выположенного оврага и террас с широким основанием.

Такая система обеспечит поэтапно аккумуляцию твердого стока. Практически полное очищение поверхностного стока от твердых наносов осуществляется на последнем этапе системы – илофильтрах и в дамбах-перемычках [26]. Это позволит резко снизить заиление и загрязнение водных источников биогенными веществами. Для переноса в натуру компенсационных комплексов по каждой в отдельности агроландшафтной полосе предлагаются следующие технологические схемы (таблица 7).

**Таблица 7 – Компенсационный комплекс для агроландшафтных полос**

Агроландшафтная полоса	Компенсационный комплекс
I	<p>Контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов (факультативно).</p> <p>Специальные агротехнические приемы (лункование, бороzdование, щелевание) факультативно или чересполосно.</p> <p>Полезащитные и стокорегулирующие лесные полосы.</p>
II	<p>Контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов.</p> <p>Специальные агротехнические приемы.</p> <p>Стокорегулирующие лесные полосы, усиленные простейшими гидротехническими сооружениями.</p>
III	<p>Контурно-полосное размещение сельскохозяйственных культур и агрофонов.</p> <p>Специальные агротехнические приемы, способствующие увеличению водопоглощения: щелевание, кротование, почвоуглубление и др.</p> <p>Стокорегулирующая и прибалочная лесные полосы усиленные валами-канавами, запрудами</p> <p>Простейшие гидротехнические сооружения, направленные на регулирование стока (водоотводящие валы, быстротоки и др.).</p>
IV	<p>Заравнивание промоин на приовражных, прибалочных участках и берегах балок.</p> <p>Выполаживание действующих оврагов с одновременным устройством гидротехнических сооружений, предотвращающих возникновение новых размывов.</p> <p>Устройство распылителей стока и противоэрозионных гидротехнических сооружений (водозадерживающих и водоотводящих валов, дамб, перемычек, донных сооружений);</p> <p>Приовражные, прибалочные лесные насаждения по берегам оврагов и балок, а также илофильтры по днищу балок;</p> <p>Нарезка террас по откосам балок с последующим их залужением или посадкой древесных пород.</p>

## **6 Система мероприятий для снижения поверхностного стока ирригационных вод**

Поверхностный сток ирригационных вод возникает в районах орошаемого земледелия в результате неумеренного и неправильного полива. В тех случаях, когда вода на поля подается мощным потоком, стекает по склонам, происходит смыв и разрушение почвы и даже образование оврагов.

Для предупреждения поверхностного стока проводят полив по бороздам, глубину и длительность которых определяют в зависимости от особенностей почв, уклона их поверхности полевого участка и других экологических факторов. При поливе по бороздам поверхностный сток не наблюдается, если скорость потока в головной части борозды не превышает допустимой, равной 0,8 размывающей скорости.

Целью мероприятий по снижению поверхностного стока является предупреждение превышения потоком допустимой скорости. Это достигается либо снижением скорости потока в поливной борозде, либо повышением размывающей скорости. Снижать скорость потока можно уменьшением расхода воды, повышением шероховатости поверхности, уменьшением уклона борозд. Эффективно щелевание, способствующее повышению водопроницаемости тяжелых почв.

Для борьбы с ирригационной эрозией необходимо проводить тщательную планировку полей, закреплять берега оросительных каналов, проводить поливы по горизонталям, применять дождевание, подпочвенное и капельное орошение.

Размер ирригационной эрозии зависит от ряда факторов, которые поддаются воздействию человека. К таким факторам относятся интенсивность искусственного дождя, размер и скорость падения капель, расход воды при поверхностных способах полива, уклон и форма склона, длина поливного участка, длительность полива, водопроницаемость и противоэрозионная стойкость почвы. Регулируя эти факторы, можно управлять процессами смыва при поливах, добиваясь снижения потерь почвы до допустимого уровня.

Чем больше расход поливной воды, тем больше ее скорость, и тем больше вероятность возникновения смыва почвы. Влияние расхода воды на ирригационный смыв зависит также от уклона поливной борозды. Чем больше уклон, тем больше скорость движения воды и вероятность возникновения эрозии.

Полив по бороздам применяют при орошении хлопчатника, кукурузы, томатов, сахарной свеклы. Ширина междурядий на посевах этих культур составляет 0,6–0,9 м, а ширина водного потока в поливной борозде – до 0,2 м.

Полив по полосам применяют при орошении трав и зерновых культур. Ширина водного потока при поливе по полосам равна ширине самих полос. Поэтому скорость таких потоков невелика и ирригационная эрозия выражена слабее, чем при поливе по бороздам [28, 29].

При поливе по чекам сток и ирригационная эрозия выражена слабо. Объясняется это тем, что уклон чеков очень мал, малы и скорость водного потока и связанная с ней величина смыва почвы.

Ирригационный сток зависит во многом факторов, определяющими среди которых являются несоответствие между техникой и способом полива с одной стороны и наличием уклонов с другой. Уклоны поверхности орошаемых участков подразделяются на следующие классы (таблица 8).

**Таблица 8 – Ирригационная эрозия почвы в зависимости от уклона**

Уклон	Характеристика уклона	Степень смыва
Менее 0,001–0,002	Очень малые уклоны	Нет смыва
0,002–0,004	Малые уклоны	Малый смыв
0,004–0,008	Средние уклоны	Средний смыв
0,008–0,012	Уклоны выше средних	Сильный смыв
0,012–0,02	Большие уклоны	Очень сильный смыв
0,02–0,05	Очень большие уклоны	Опасный смыв
0,05–0,10	Крутые склоны	Опасный смыв
Более 0,10	Очень крутые склоны	Опасный смыв

При поливе по бороздам расход воды в поливную борозду определяет скорость водного потока в ее головной части, а соотношение скорости водного потока и допустимой для данной почвы скорости обуславливает возникновение и развитие процесса стока ирригационных вод. Влияние расхода воды на ирригационный смыв зависит также от уклона поливной борозды. Чем больше уклон, тем больше скорость движения воды [14, 28].

Большую роль в возникновении ирригационного стока играет форма склона. При поливе по бороздам в наибольшей степени удовлетворяют выпуклые склоны. Для полного исключения возможности выноса почвы за пределы поливной борозды необходимо, чтобы нижняя часть борозды имела вогнутую форму в целях аккумуляции наносов.



Свойства почв оказывают сильное влияние на интенсивность смыва при поливе по бороздам. Почвы высокой водопроницаемости эродированы меньше, чем почвы пониженной водопроницаемости, так как на первых формируется меньший сток с меньшими скоростями потока, чем на вторых. Однако интенсивность смыва зависит и от противоэрозионной стойкости почв.

Снижать скорость потока можно уменьшением расхода воды, повышением шероховатости поверхности, уменьшением уклона борозд.

Допустимые расходы воды в поливную борозду на крутых склонах можно регулировать, применяя мероприятия, направленные на снижение скорости потока путем уменьшения уклона поливных борозд, повышения шероховатости дна борозды и увеличения водопроницаемости почвы.

Уменьшение уклона поливных борозд возможно путем поделки «скошенных» борозд, нарезаемых под острым углом к горизонталям, и «контурных» борозд – по горизонталям. При этом требуется тщательная планировка поверхности во избежание обратных уклонов на отдельных участках борозд (таблица 9) [8, 28, 29].

**Таблица 9 – Допустимые расходы воды в скошенные борозды на черноземах обыкновенных, л/с**

Уклон	Угол между направлением борозд и направлением склона, град.			
	0	30	45	60
0,04	0,03	0,03	0,04	0,07
0,01	0,13	0,17	0,23	0,35
0,005	0,29	0,39	0,53	0,81

При сложном рельефе необходимо поливать в направлении наибольшего уклона, чтобы избежать застаивания воды в понижениях и переливания ее в нижележащие борозды. В этих условиях регулирование уклона производится путем нарезки извилистых борозд шириной 3–6 см и глубиной 3–4 см.

Эффективным приемом повышения допустимых расходов воды является мульчирование дна поливных борозд растительными остатками. Механизм его действия заключается в повышении шероховатости дна поливных борозд (таблица 10) [14, 28, 29].

Одним из приемов, направленных на повышение допустимой скорости потока, является увлажнение почвы в поливных бороздах перед поливом малыми расходами воды. Достаточно увлажнить верхние 20–30 м и

оставить борозду на ночь в таком состоянии, чтобы утром проводить основной полив более высокими расходами воды [8, 29].

**Таблица 10 – Допустимые расходы воды в поливные борозды, мульчированные соломой, л/с**

Доза соломы, ц/га	Коэффициент шероховатости	Уклон поливных борозд		
		0,04	0,01	0,005
0,0	0,012	0,03	0,13	0,29
0,5	0,014	0,04	0,22	0,49
1,0	0,016	0,06	0,28	0,64
1,5	0,019	0,07	0,35	0,78
2,0	0,021	0,09	0,43	0,98
2,5	0,024	0,11	0,52	1,18

Величина донной размывающей скорости при внесении полимера К-9 в дозах 10 и 30 кг/га (100 и 300 кг/га пасты) возрастает с 4,5 см/с до 16,7 и 22,0 см/с, а величины выступов шероховатости дна с 0,2 до 2,0 и 3,5 мм. Для уменьшения расхода полимера можно ограничиться его применением лишь в верхней части поливных борозд, либо сочетать его применение с другими приемами.

Дождевание используют при орошении практически всех сельскохозяйственных культур. Поверхностный сток при поливе дождеванием возникает в том случае, когда интенсивность дождевания начинает превышать интенсивность впитывания воды почвой.

Наибольшее значение для предупреждения поверхностного стока при дождевании имеют организационно-хозяйственные мероприятия. Они включают проектирование и использование противоэрозионной технологии дождевания, предусматривающей полив до образования луж, а также выбор соответствующей дождевальной техники.

А. Н. Костяков рекомендовал следующие величины допустимой интенсивности дождевания: [28]

на тяжелых по гранулометрическому составу почвах	0,1–0,2 мм/мин
на средних	0,2–0,3 мм/мин
на легких	0,5–0,8 мм/мин

При этом диаметр каплей не должен превышать 1–2 мм в зависимости от водопроницаемости почв.

Помимо водопроницаемости допустимая интенсивность дождя зависит также от режима работы дождевальной машины или аппарата. Для

машин, работающих в движении, допустимые интенсивности меньше, чем для короткоструйных позиционных аппаратов (таблица 11) [29, 30].

Это связано с тем, что машины, работающие в движении, создают дождь очень высокой мгновенной интенсивности, во много раз большей, чем средняя за весь период дождевания.

**Таблица 11 – Допустимая интенсивность дождя при поливных нормах 300–500 м<sup>3</sup>/га**

Почвы	Короткоструйные позиционные аппараты, мм/мин	Вращающиеся аппараты и работающие в движении, мм/мин
Черноземы легкосуглинистые	0,8–1,0	0,30–0,35
Черноземы средне- и тяжелосуглинистые	0,5–0,8	0,22–0,27
Каштановые и дерново-подзолистые суглинистые почвы	0,4–0,6	0,12–0,20
Сероземы светлые среднесуглинистые	0,3–0,5	0,07–0,15

В связи с этим в момент прохождения крыла машины над поверхностью почвы дождевые капли разрушают поверхность и, следовательно, уменьшают водопроницаемость гораздо сильнее, чем позиционные аппараты. Интенсивность дождя, создаваемого различными дождевальными машинами, приведена в таблице 12.

**Таблица 12 – Интенсивность дождя, создаваемого дождевальными машинами, мм/мин**

КИ-50 «Радуга» (Комплект ирригационный со среднеструйными аппаратами «Роса-3»)	0,23
ДДА-100МА (Двухконсольный дождевальный агрегат с короткоструйными насадками дефлекторного типа)	0,07–0,33
ДДН-70 (Дождеватель дальнеструйный навесной)	0,41
ДКШ-64 «Волжанка» (Дождевальный самоходный трубопровод со среднеструйными аппаратами КД-10)	0,27
ДМУ «Фрегат»	0,28
ДФ-120 «Днепр»	0,29

Имеющиеся данные свидетельствуют, что серийные дождевальные машины (таблица 11) способны распределять большие поливные нормы

без образования стока (таблица 10) только на легких почвах. На почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава допустимая поливная норма может оказаться слишком малой для использования в производстве, поэтому в этих случаях следует предусмотреть мероприятия по ее повышению [29].

Среднеструйные дождевальные машины значительно различаются по величине подаваемой ими допустимой нормы полива. Замена агрегата ДДН-100 дождевальной машиной «Волжанка» позволяет повысить допустимую поливную норму почти в два раза (таблица 13) [29, 30].

Однако выбор той или иной дождевальной техники зависит не только от интенсивности создаваемого ею дождя, но и от ряда других факторов, в том числе крутизны склона. Например, агрегаты ДДА-100МА, ДДН-70 и КИ-50 «Радуга» применимы на склонах крутизной до 0,05°, а «Волжанка», «Фрегат», «Днепр» – до 0,02°.

**Таблица 13 – Допустимые поливные нормы, м<sup>3</sup>/га**

Почва	«Волжанка»	ДДН-70	ДДН-100
Чернозем южный среднесуглинистый	370	210	190
Темно-каштановая легкосуглинистая	210	120	110
Каштановая среднесуглинистая	260	140	130
Светло-каштановая легкосуглинистая	110	60	60

Для предотвращения стока при поливе агрегатами ДДА-100МА и ДДА-100М целесообразно увеличивать насколько возможно длину бьефа, так как при этом увеличивается время возвращения дождевальной машины. Увеличение длины бьефа со 100 до 300 м позволяет повысить допустимую поливную норму почти в полтора раза. При использовании агрегата ДДН-70 можно

уменьшить сток, применяя сменные сопла меньшего диаметра (35 или 45 мм вместо 55 мм), что позволяет снизить среднюю интенсивность дождя в полтора раза [29, 30].

В настоящее время большое распространение получили современные зарубежные дождевальные машины (таблица 14).

**Таблица 14 – Характеристика зарубежных дождевальных машин**

Дождевательные системы	Поливная норма, м <sup>3</sup> /га	Интенсивность дождя, мм/мин.	Средний диаметр капель, мм
Centerliner 5000168 CLS	60–600	1,1	1,5
Reinke	80–800	1,0–1,67	1,3
Valley	113–1130	1,0–1,67	1,2
Opti Rein 110TG300	105–770	1,15	1,5
Bauer	217	1,5	0,9
TL	90–1200	1,3	0,6
RKD	110–900	1,6	1,2
Zimmatic	110–1100	0,9	0,8

Данные дождевательные машины имеют следующие достоинства:

- наиболее низкие затраты труда и применимость на больших площадях, практически пригодны для орошения всех видов сельскохозяйственных культур;
- способность работать на склонах до 15 %;
- сравнительное низкое давление на входе 2,5–3,0 атм.;
- широкое применение для внесения удобрений и средств защиты растений через систему орошения;
- хорошее качество дождя;
- применяются для орошения всевозможных видов площадей, так как имеют наличие множества опций.

Эффективным методом повышения допустимых поливных норм является также прерывистое дождевание, существенно повышающее водопроницаемость почвы. Наиболее рациональным способом орошения крутых склонов является капельное и синхронно-импульсное дождевание.

С помощью систем капельного орошения, можно удерживать влажность почвы в оптимальных пределах, это обеспечивает интенсивное дыхание корней на протяжении всего цикла роста, не прерывающееся во время или непосредственно после орошения. Почвенный кислород позволяет активно функционировать корневой системе.

Корневая система развивается лучше, чем при любом другом способе орошения. Основная масса корней сосредотачивается в зоне капельниц, корневая система становится более мочковатой, с обилием активных корневых волосков. Увеличивается интенсивность потребления воды и питательных веществ.

Растворенные удобрения вносятся непосредственно в корневую зону вместе с поливом. Происходит быстрое и интенсивное поглощение питательных веществ. Это самый эффективный способ внесения удобрений в засушливых климатических условиях.

Листья растений не увлажняются, как при дождевании, снижается вероятность распространения болезней, инсектициды и фунгициды не смываются с листьев.

Капельное орошение позволяет осуществлять обработку почвы, опрыскивание и сбор урожая в любое время, независимо от проведения орошения, так как участки почвы между рядами на протяжении всего сезона остаются сухими.

Капельное орошение дает возможность применять полив на склонах или участках со сложной топографией, без сооружения специальных уступов или переноса почвы.

Синхронное импульсное дождевание – одно из новых, прогрессивных технологических направлений в дождевании для получения максимального рассредоточения поливного тока.

Отличительная особенность этого способа – подача воды на орошаемый участок в полном соответствии с водопотреблением сельскохозяйственных культур на протяжении всей вегетации. Импульсные аппараты работают одновременно на всей площади в режиме непрерывно-чередующихся пауз накопления в гидропневмоаккумуляторах и периодов выплеска воды под действием сжатого воздуха. Для обеспечения подачи воды, равной водопотреблению сельскохозяйственных растений, продолжительность пауз накопления может быть в 50–200 раз больше периодов выплеска воды. Средняя интенсивность дождя при этом составляет 0,01–0,02 мм/мин.

Синхронное импульсное дождевание имеет ряд преимуществ, заключающиеся в обеспечении длительного направленного воздействия искусственного дождя на растения и внешнюю среду; создании почти полностью контролируемых условий роста растений; поддержании влажности активного слоя почвы и приземного воздуха на оптимальном уровне без резких колебаний, свойственных обычным периодическим поливам; снижении капитальных затрат на строительство сети; снижает затраты труда.

Регулирование стока сводится к соблюдению технологий орошения и эксплуатации оросительной сети, соблюдение противоэрозионных требований при сооружении и эксплуатации ирригационной сети. Борьба с размывом постоянной ирригационной сети имеет в основном гидротехни-

ческий характер и зависит от правильности проектирования и сооружения сети, а также от соблюдения элементарных защитных требований при ее эксплуатации и уходе за ней.

В борьбе со смывом почв на орошаемых землях используют планировку орошаемой территории, учет стокорегулирующих требований при взаимном расположении по рельефу выводных каналов, поливных борозд и полос, установление допустимой мощности поливной струи, применение дождевания, внутрипочвенного и капельного орошения, досточковых поливных норм. Важное значение имеет использование в севооборотах многолетних трав и сидератов, правильная система обработки почв и удобрений, лесные полосы [8].

Таким образом, разнообразие рекомендаций в отношении поверхностного стока ирригационных вод вызвано наличием целого ряда факторов его обуславливающих. Поэтому необходимо конкретизировать условия, обуславливающие ирригационный сток почвогрунтов. Технику полива необходимо выбирать с учетом противоэрозионной устойчивости почвы.

## **7 Эколого-экономическая оценка стокорегулирующих мероприятий**

Эколого-экономическая оценка стокорегулирующих мероприятий проводится путем расчета:

- предотвращенного экологического ущерба от поверхностного стока, вызвавшего смыв почвы по Временной методике определения предотвращенного экологического ущерба (утверждена Государственным комитетом Российской Федерации по охране окружающей среды 09 марта 1999 года.);

- снижения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате затопления и подтопления сельхозугодий (РД 03-521-02 Порядок определения размера вреда, который может быть причинен жизни, здоровью физических лиц, имуществу физических и юридических лиц в результате аварии гидротехнического сооружения, утвержден приказом МЧС РФ, Минэнерго РФ, МПР, Минтранса РФ и Госгортехнадзора РФ от 18 мая 2002 г. № 243/150/270/68/89.

Расчет зоны подтопления и затопления осуществляется по Правилам определения границ зон затопления, подтопления, утверждены постановлением Правительства РФ от 18 апреля 2014 г. № 360.

Эколого-экономическая эффективность показывает экономическую результативность комплекса мероприятий, проводимых в целях улучшения качества земельных угодий (оптимизации структуры агроэкосистемы) и продуктивности растительных ресурсов. При этом в ней отражается результативность экологических затрат (окупаемость затрат на природоохранные цели), направленных на повышение плодородия почв и биологического потенциала растений возделываемых культур.



## Заключение

Компенсационные мероприятия на землях сельскохозяйственного назначения включают организационно-хозяйственные мероприятия, агротехнические, агролесомелиоративные, гидротехнические, лугомелиоративные и другие мероприятия.

Разработка и реализация компенсационных мероприятий позволяет на 30-50 % снизить объемы поверхностного стока талых, дождевых и ирригационных вод с земель сельскохозяйственного назначения за счет их задержания на водосборе и аккумуляции в почве.

На сегодняшний день нет утвержденного в установленном порядке документа, регламентирующего осуществление сельхозпредприятиями мелиоративных почвозащитных мероприятий, снижающих объемы поверхностного стока (компенсационные мероприятия) и соответственно эрозию, подтопление и затопление сельхозугодий. Для решения поставленной задачи необходима разработка современных нормативно-методических документов, регламентирующих требования и порядок разработки системы компенсационных мероприятий.

В результате проведенных исследований разработаны методические указания по назначению компенсационных мелиоративных мероприятий, направленных на снижение поверхностного стока талых, дождевых и ирригационных вод с земель сельскохозяйственного назначения. Разработана система компенсационных мелиоративных мероприятий для снижения поверхностного стока талых, дождевых и ирригационных вод с земель сельскохозяйственного назначения.

Методические указания могут быть использованы для разработки компенсационных мероприятий проектными, природоохранными, землеустроительными организациями.

## Список использованных источников

- 1 Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: Федеральный закон от 30.12.2001 № 195-ФЗ: по состоянию на 28.07.2012 // Гарант Эксперт 2012 [Электронный ресурс]. – НПП «Гарант-Сервис», 2012.
- 2 Советская энциклопедия. – М., 1969. – 1978.
- 3 Экологический энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog/4115/%D0%98%D0%A0%D0%A0%D0%98%D0%93%D0%90%D0%A6%D0%98%D0%9E%D0%9D%D0%9D%D0%90%D0%AF>.
- 4 Заславский, М. Н. Эрозия почв / М. Н. Заславский. – М.: Мысль, 1962. – 245 с.
- 5 Ганжара, Н. Ф. Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 392 с.
- 6 Полуэктов, Е. В. Противозерозионные мелиорации земель / Е. В. Полуэктов. – Новочеркасск: Лик, 2011. – 251 с.
- 7 Полуэктов, Е. В. Эрозия почв на Дону и меры борьбы с ней / Е. В. Полуэктов. – Ростов-на-Дону: Изд-во РУ, 1984. – 161 с.
- 8 Система мелиоративных мероприятий для различных типов агроландшафтов, обеспечивающих устойчивость к деградационным процессам и повышение плодородия почв: рекомендации / В. Н. Щедрин [и др.]. – М.: Столичная типография, 2008. – 84 с.
- 9 Сурмач, Г. П. Прогнозирование стока талых вод / Г. П. Сурмач, М. М. Ломакин, А. П. Шестакова // Земледелие. – 1989. – № 4. – С. 29–31.
- 10 Полуэктов, Е. В. Почвозащитные системы в ландшафтном земледелии / Е. В. Полуэктов, Е. П. Луганцев. – Ростов-н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ. – 2005. – 208 с.
- 11 Барабанов, А. Т. К методике определения смыва почв / А. Т. Барабанов // Комплекс противозерозионных мероприятий в действии. – Ворошиловград, 1985. – Т. 2. – С. 19–20.
- 12 Ивонин, В. М. Лесные мелиорации ландшафтов / В. М. Ивонин. – Ростов-н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ. – 2004. – 280 с.
- 13 Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы. – В 3 ч. – Ростов н/Д.: Донской издательский дом, 2013. – 896 с.
- 14 Методические указания по назначению компенсационных мероприятий по снижению размера ущерба от поверхностных стоков / В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 67 с.

15 Балакай, Н. И. Агротехнические способы снижения водной эрозии почв / Н. И. Балакай // Интеграция науки, образования и бизнеса для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: мат. Междунар. науч.-практ. конф. 2–4 февраля 2010 г. – пос. Персиановский, Дон ГАУ, 2010. – 14–17 с.

16 Балакай, Г. Т. Система мероприятий по снижению поверхностного стока и водной эрозии на землях сельскохозяйственного назначения / Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов, Н. И. Балакай // Вестник аграрной науки Дона. – 2010. – № 4. – С. 103–106.

17 Энциклопедия агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 677 с.

18 Гаршинев, Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация. / Е. А. Гаршинев. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 196 с.

19 Балакай, Н. И. Оценка интенсивности проявления эрозии и почвозащитное действие сельскохозяйственных культур / Н. И. Балакай [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. Кубанский гос. аграрн. ун-т. – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2011, – № 65(01). – 11 с. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/03>.

20 Кочетов, И. С. Агролесомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов / И. С. Кочетов, А. Т. Барабанов, И. Г. Зыков [и др.]. – Волгоград, 1999. – 84 с.

21 Барабанов, А. Т. Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии / А. Т. Барабанов. – Волгоград, 1999. – 156 с.

22 Ивонин, В. М. Эрозия почв и противоэрозионные системы / В. М. Ивонин, В. А. Тертерян. – Ростов-н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 156 с.

23 Ивонин, В. М. Эрозиоведение: учебник. / В. М. Ивонин, В. А. Тертерян. – Ростов-н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2014. – 216 с.

24 Кулик, К. Н. Роль, место и перспективы агролесомелиорации в адаптивно-ландшафтной системе земледелия. Земледелие в XXI веке. Проблемы и пути их решения / К. Н. Кулик, А. Т. Барабанов. – Курск, 2001. – С. 19–28.

25 Павловский, Е. С. Защитные лесонасаждения – системообразующий элемент ландшафта агротерритории / Е. С. Павловский // Вестник РАСХН. – 2002. – № 3. – С. 17–18.

26 Мелиорация прудов: монография / под ред. В. Н. Шкуры // В. А. Белов, Н. А. Иванова, М. М. Мордвинцев, Е. В. Полуэктов [и др.]. – Новочеркасск: НГМА, 2013. – 371 с.

22 Сурмач, Г. П. О влиянии агротехники на сток талых вод и смыв светло-каштановых почв / Г. П. Сурмач. // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1968. – № 2. – С. 13–19.

27 Шабаев, А. И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья / А. И. Шабаев. – Саратов: СГАУ, 2003. – 320 с.

28 Костяков, А. Н. Основы мелиорации / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 622 с.

29 Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – М.: КолосС, 2004. – 352 с.

30 Принципы и методы организации орошаемых земель на агроландшафтной основе / А. В. Колганов [и др.]. – М.: Эдель-М, 2001. – 108 с.