

ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ И БОРЬБА С НЕЙ

Водная эрозия — это естественный процесс разрушения почв и земельных участков под действием водной среды. Водные потоки, ветер, солнце, температура и другие факторы способствуют разрушению почвы. Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д. Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д. Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Водная эрозия может быть как естественным процессом, так и искусственным, например, при строительстве гидроузлов, реконструкции водоснабжения и т. д.

Гидрометеоиздат



Ленинград · 1976

930-76800
(39) 660

Ответственный редактор д-р физ.-мат. наук Н. Ф. Бондаренко

Излагаются вопросы методики исследования водной эрозии почв, формирования стока талых вод на различных почвах, инверсии стока, влияния снежного покрова и других факторов на его образование. Оценивается влияние глубины зяблевой вспашки на уменьшение стока и повышение урожая. Рассматриваются и оцениваются водозадерживающие приемы обработки почв, приводятся сведения о противоэрэзионной роли лугомелиоративных мероприятий и об эффективности удобрений на эродированных почвах. Обосновывается необходимость сочетания системы лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами в целях борьбы с эрозией.

Рассчитана на специалистов сельского и лесного хозяйства — агрономов, гидрологов, гидротехников, лесомелиораторов и др.

The book deals with the questions of the soil water erosion investigation techniques, the forming of the snow melt water flowing drainage on the different soils, the flowing drainage inversion, the influence of the snow cover and other factors on its forming. The influence of the autumn ploughing depth on the flowing drainage diminution and the crop production increase is estimated. The water-detentional techniques for treating soils are considered and estimated, the information of the meadow-meliorative measures antierosion role and the fertilizers effectiveness on the eroded soils is given. The necessity to combine the wood zones system with the common used hydrotechnical equipment to eliminate erosion is substantiated.

The book is intended for the agriculture and forestry specialists, agronomists, hydrologists, technicists, wood-meliorators etc.

ВВЕДЕНИЕ

Большое значение в борьбе с эрозией имеет комплексный подход, включающий в себя оценку опасности земель, разработку мероприятий по их восстановлению и оздоровлению, а также создание инженерных сооружений для предотвращения размыва почв и водного режима. Помимо этого, важным фактором является правильное использование земель, что способствует снижению опасности эрозии.

В районах с выраженным рельефом эрозия наносит большой вред сельскому, водному, дорожному и другим отраслям народного хозяйства. В процессе смыва и размыва происходит дальнейшее расчленение территории, разрушается почвенный покров и истощается почвенное плодородие, уменьшается площадь пашотных земель и ухудшается их качество. Овражные выносы заносят ценные пойменные угодья и заливают реки, пруды и водоемы; увеличивается снос снега с полей и их дренирование, что вместе с потерей атмосферных осадков на сток обуславливает ухудшение общего гидрологического режима территории и усиливает вредное проявление засухи. Все это является серьезным тормозом на пути повышения урожая сельскохозяйственных культур и снижает эффективность сельскохозяйственного производства.

Эрозия почв вызывается совокупным влиянием многих природных факторов и хозяйственной деятельностью людей, и для ее резкого ослабления или прекращения требуется применение комплекса противоэрэзионных мероприятий с охватом целых водосборов. Важнейшей задачей противоэрэзионной мелиорации является эффективное регулирование стока, улучшение водного режима сельскохозяйственной территории и поддержание благоприятного увлажнения полей для повышения урожая сельскохозяйственных культур.

Для успешного решения указанной задачи нужно изучить факторы, обусловливающие развитие эрозионных процессов, в особенности формирование стока талых вод, количественно охарактеризовать сток по зонам страны. Нужно научиться прогнозировать объем стока на основании сведений о гидрометеорологических условиях осенне-зимнего периода при современном уровне агротехники. Очень важно изучить влияние различных приемов

агротехники на сток, для того чтобы определить наиболее эффективные агрономические способы его задержания и регулирования. Требуется улучшить и повысить снегораспределительную, водопоглощающую и противоэррозионную функции лесных полос.

Сток является предметом изучения не только как фактор эрозии; проблема задержания талых вод с целью увлажнения полей и повышения урожая также актуальна и для районов со слабовыраженным рельефом. Поверхностный и грунтовый сток определяет режим источников, малых и больших рек.

В нашей стране сток талых вод для целей сельского хозяйства начали изучать сравнительно недавно. В довоенный период в исследованиях обычно рассматривались смешанные водосборы, включавшие разные угодья, что не позволило давать дифференцированную характеристику стока с различных сельскохозяйственных угодий в отдельности для выявления их гидрологической роли; лишь в некоторых случаях закладывались стоковые площадки на двух-трех видах угодий (например, лес и пашня, зябь и залежь). Больше внимания уделялось исследованию гидрологической и противоэррозионной роли лесных насаждений.

После Великой Отечественной войны, особенно начиная с 50-х годов, стали накапливаться материалы и появляться научные работы, освещающие гидрологическую роль разных видов пашни, в частности различной зяблевой пахоты [10, 57, 69, 71, 72, 74, 85, 86, 91, 92, 101, 147, 152, 159, 160, 169 и др.]. В них в той или иной степени охарактеризованы природные и хозяйствственные факторы, обуславливающие формирование поверхностного стока и процессы эрозии; описана гидрологическая роль леса и лесных полос. Однако сток талых вод в зональном разрезе охарактеризован недостаточно, не сделаны обобщающие выводы о его задержании и регулировании; отсутствуют дифференцированные нормы снегового стока с различных сельскохозяйственных угодий в зональном разрезе; недостаточно разработаны вопросы влияния агротехники на формирование стока талых вод и смыва почвы. В литературе нередко встречаются упрощенные суждения о задержании и регулировании стока, что порождает неправильные подходы к решению проблемы борьбы с эрозией почв, недооценку комплекса противоэррозионных мероприятий, стремление решить проблему преимущественно путем применения одного класса мероприятий (например, агротехнических или гидротехнических).

Разработка научных основ задержания и регулирования стока на сельскохозяйственных угодьях и защиты почв от эрозии имеет большое значение для земледелия. Чтобы правильно ориентировать производство по этим вопросам, нужно ясно определить, в каких районах и на каких видах пашни, сколько и какими методами необходимо и возможно задержать талые воды. Имеющиеся литературные данные и материалы Всесоюзного научно-исследовательского агролесомелиоративного института (ВНИАЛМИ) и его опытной сети в настоящее время позволяют охарактеризовать с различной степенью точности в зональном разрезе сток с зяби и уплотненной пашни (озимые, многолетние травы и залежь, стерня и др.), а также с пастбищных угодий. Такие сведения нужны для учета водных ресурсов земледелия и для организации борьбы с эрозией.

В настоящей работе освещаются закономерности смыва и размыва почв и формирования стока талых вод с различных сельскохозяйственных угодий в зональном разрезе в связи с агротехникой, дается оценка агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических методов его задержания и регулирования и рекомендуются лучшие из них и их сочетания, излагаются принципы противоэррозионной организации территории и размещения лесных насаждений. Знание всех этих закономерностей способствует решению задачи совершенствования научных основ защиты почв от эрозии. В этой проблеме много спорного, поэтому, учитывая большое значение для сельского хозяйства правильного решения поставленных вопросов, мы обобщили и проанализировали литературные данные по стоку и экспериментальные материалы, полученные автором и опытной сетью ВНИАЛМИ (с применением метода стоковых площадок).

Для эффективной борьбы с эрозией требуется применение комплекса противоэррозионных организационно-хозяйственных, агротехнических и лугомелиоративных, лесомелиоративных и гидротехнических мероприятий; обоснованию этого положения уделено много внимания. Автор выражает надежду, что настоящий труд будет способствовать более правильному учету водных ресурсов земледелия в лесостепных и степных районах европейской части РСФСР, совершенствованию системы противоэррозионной защиты и ее правильному внедрению в сельскохозяйственное производство.

Глава I. ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ ПОЧВ

Под водной эрозией мы понимаем единый процесс формирования поверхностного стока, отделения частиц почвы или породы и их переноса водными струями или потоками (зачастую с образованием водоронин, размывов или оврагов); он сопровождается частичной или полной аккумуляцией продуктов смыва и размыва на путях стока, чаще у подножия склонов. В ходе этого процесса преобладает то вынос мелкозема, то аккумуляция.

Эрозия почв является результатом сложного взаимодействия многих природных факторов и хозяйственной деятельности человека. Среди природных факторов важнейшими являются почвенно-геоморфологические (рельеф местности, отчасти геологическое строение, особенности почвенного покрова) и биоклиматические (растительность, климатические и гидрометеорологические условия), определяющие, с одной стороны, характер и развитие растительности, с другой — характер осадков, промерзание почв и размеры поверхностного стока талых и ливневых вод. Природные факторы влияют на процессы эрозии в одном или в разных направлениях. Так, если степень выраженности рельефа и увеличение интенсивности осадков всегда способствуют их усилинию, то растительный покров резко тормозит их развитие. Однако защитное действие растительности по мере продвижения с севера на юг и юго-восток в связи с изменением климата ослабевает.

В современных физико-географических условиях процессы эрозии в средних широтах на девственных территориях практически отсутствуют. Растительность и сформировавшийся в последние тысячелетия голоцен почвенный покров как бы законсервировали древние формы рельефа и приостановили развитие эрозионно-аккумулятивных процессов, за исключением речных русел. Однако эрозия резко активизировалась под влиянием хозяйственной деятельности человека, приведшей к уничтожению на больших пространствах лесов, распашке степей и разбиванию дернины. Но человек, рационализировав свою хозяйственную деятельность, в состоянии контролировать ход эрозионных процессов и подавлять их, сводя до минимума.

Система противоэрозионных мероприятий должна непременно строиться с учетом особенностей рельефа, поэтому остановимся на его характеристике. Рельеф местности являетсяносителем эрозионной энергии территории, определяет интенсивность смыва и размыва почв и почвогрунтов. Он выступает на фоне сельскохозяйственной деятельности людей в качестве основного фактора эрозии. Неотъемлемыми элементами рельефа являются гидографическая сеть, склоны, водоразделы. Выраженность рельефа определяется разностью высот и низин, частотой расчленения территории, длиной и крутизной склонов.

Гидографическая сеть представляет собой разветвленную систему естественных русел стока, имеющих различное строение и протяженность (рис. 1). Верхние звенья ее, как правило, не имеют постоянного водотока; это суходольная сеть — суходолы [71, 73], или балки. Нижележащее звено — речная долина — вмещает в себя речное русло. Суходольная часть гидографической сети, согласно классификации А. С. Козменко, состоит из следующих звеньев: ложбинного, лощинного и суходольного; выделяется еще промежуточное звено — лощинно-суходольное (рис. 1 А).

Суходолы переходят или открываются в речные долины. Ложбины расположены на пахотных склонах, имеют неглубокий врез и, как правило, симметричное строение. Внутреннее (геологическое) строение ложбины характеризуется глубоким врезом в коренную или древнюю покровную породу (древний овраг), который заполнен покровными более молодыми (лессовидными) отложениями, вследствие чего ложбина имеет плавные очертания. Для лощинного звена характерны довольно глубокий врез (до 8—10 м) и крутые берега (10—20° и больше) с асимметричным строением (иногда асимметрия не выражена). По протяженности лощины достигают 1 км и более; короткие лощины называются отвершками. На берегах лощин обычно залегают нормальные почвы. В лощинно-суходольном и суходольном звеньях глубина вреза относительно бровок достигает 20—25 м, а ширина колеблется от 70 до 300 м. В них отчетливо выражена асимметрия берегов по экспозициям, причем в более крутых берегах (до 25—30°), обращенных на юг, юго-восток, юго-запад и запад, зачастую обнажаются или близко выходят к поверхности коренные породы, на которых залегают щебенистые почвы (такие породы иногда выходят и на забровочную присетевую часть склона). Противоположные берега крутизной около 10—16° обычно сложены рыхлой лессовидной породой и имеют нормально развитую почву.

Согласно подсчетам А. С. Козменко [72], для водосборов двух рек центральной лесостепи — Зуши и Красивой Мечи — общей площадью 10 450 км² соотношение звеньев сети по их протяженности следующее: ложбины и короткие отвершки составляют 21%, лощины 41%, лощино-суходолы 18%, суходолы 12%

и долины 8%. Таким образом, суходольная гидрографическая сеть по протяженности и по своему участию в образовании форм рельефа намного превосходит речную.

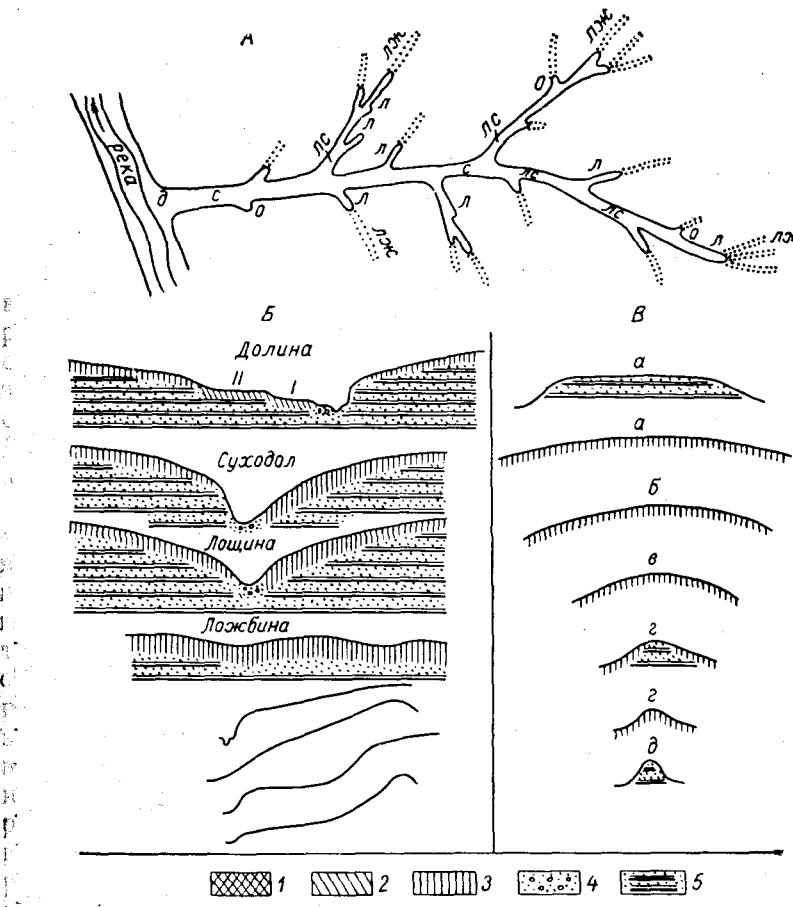


Рис. 1. Элементы рельефа.

A — гидрографическая сеть в плане: лж — ложбина, о — отвершок (короткая лощина), л — лощина, лс — лощино-суходол, с — суходол, д — долина; Б — поперечный профиль и геологическое строение звеньев гидрографической сети и формы поперечного профиля склонов; В — типы и формы водоразделов и приводораздельных территорий: а — плоские, б — овальные, в — куполовидные (буగры), г — гребневидные, д — мелкосопинник.

Условные обозначения: 1 — слонистые отложения поймы; 2 — песчано-глинистые отложения I и II террас (аллювий), 3 — лёссы и лёссовидные суглинки и глины (делювий), 4 — песчано-галечниковые отложения, 5 — коренные породы.

Склоны падают к тому или иному звену гидрографической сети. В сильно расчлененных районах склоновые земли составляют большую часть территории, пашни здесь расположены преимущественно на склонах. Различают три основные формы скло-

нов: выпуклую, прямую и вогнутую (рис. 1 Б). В природе встречаются также выпукло-вогнутые и реже вогнуто-выпуклые и ступенчатые склоны. Наиболее выраженной выпуклостью профиля и крутизной отличаются склоны южной и юго-западной экспозиций, а также склоны, примыкающие к крутым берегам долин.

Склоны прямого профиля имеют приблизительно равномерное падение на всем протяжении. Склоны вогнутой и выпукло-вогнутой формы, имея наибольшую крутизну в верхних или средних отрезках ($5-10^\circ$), характеризуются постепенным уменьшением ее и в нижних частях переходят в делювиальные шлейфы с падением $0-1^\circ$. Вогнутая или выпукло-вогнутая форма продольного профиля склонов чаще всего наблюдается, когда склоны падают к террасам рек.

Форма поперечного профиля склонов также бывает различная: выпуклая, прямая, вогнутая. При выпуклой форме линии стока (линии, по которым движутся струи воды от водораздела до ближайшего звена гидрографической сети) расходятся и сток к низу склона рассеивается. Поэтому водосбор с такой формой поперечного профиля называется рассеивающим. При вогнутой форме профиля линии стока сближаются к низу склона, водосбор становится веерообразным и называется собирающим. При прямой поперечной форме водосбор является нейтральным. Собирающие водосборы различной степени выраженности обычно распространены в верховых лощин; они, как правило, бывают расчленены древними мелкими ложбинами, сходящимися в виде веера к вершине лощины. Рассеивающие водосборы обычно бывают заключены между двумя сходящимися стволами лощинно-суходольной гидрографической сети или вливаются в более крупное звено сети (суходол, долина).

Длина склонов связана со степенью расчленения территории: при частой расчлененности они короче, при более редкой — длиннее. В сильно расчлененных районах Центральной лесостепи, согласно работам А. С. Козменко [70, 73], чаще наблюдаются склоны длиной 300—600 м и реже до 800 м; в Куйбышевском и Саратовском Заволжье преобладают длинные склоны слабовыпуклой и выпуклой формы — около 800—1000 м и больше [141]. На склонах, длина которых превышает 350—400 м, имеются хорошо выраженные древние склоновые ложбины, которые обычно располагаются в нижней и средней частях склона на различных расстояниях друг от друга. Эти ложбины, как правило, не являются продолжением лощинного звена гидрографической сети, они открываются непосредственно на берега лощинного и нижележащих звеньев сети. Ложбины, концентрируя сток, определяют характер его прохождения, что приводит к неравномерному смыву и размыву почв.

Водоразделом называется разграничительная линия, а чаще полоса той или иной ширины, занимающая наивысшее

положение на местности, от которой в разных направлениях спускаются склоны, определяющие направление стока. Водораздел разграничивает водосборные площасти разных звеньев гидрографической сети. Он разветвляется в разных направлениях и делится на несколько порядков. Водораздел первого порядка ограничивает водосборы соседних рек и речек (междуречный водораздел), водораздел второго порядка — водосборы суходольных систем, последующих порядков — водосборы лощин, отвершков, ложбин. Водораздел первого порядка проходит через возвышенные пункты местности — водораздельные бугры, их склоны и понижения, которые называются седловинами. В таких случаях его очертания имеют плавную многократно повторяющуюся выпукло-вогнутую форму.

Различают несколько основных типов водоразделов и приводораздельных территорий (рис. 1В, а—г): 1) плоские приводораздельные территории различной ширины, которые могут иметь небольшой наклон в ту или иную сторону, 2) очень слабо выпуклой овальной формы, 3) куполовидной формы (водораздельные бугры), 4) узкие гребневидные и 5) мелкосопочник. Широкие плоские водораздельные поверхности характерны для слабо и умеренно расчлененных территорий. В эродированных районах (Поволжье, Среднерусская возвышенность и др.) наиболее распространены водоразделы овальной и куполовидной форм. Гребневидные водоразделы присущи участкам территории, сложенным рыхлыми породами и отличающимся глубоким и частым расчленением. Это преимущественно предгорные районы. Территории с мелкосопочником являются результатом древнего эрозионного разрушения низких гор, сложенных твердыми породами.

Приводораздельные участки обычно покрыты плащом дельвиальных лёссовидных отложений, мощность которых изменяется в широких пределах. В одних случаях мощность этих отложений наибольшая в седловинах, на склонах и на подчиненных водоразделах, а на возвышенных участках она незначительная. В наиболее возвышенных местах покровные отложения зачастую отсутствуют, и к дневной поверхности выходят рыхлые песчано-глинистые или плотные коренные породы (поки, песчаники, мел и др.), обусловливая формирование соответственно песчаных и супесчаных или щебенистых почв; плотные коренные породы нередко выходят и на склонах. Такая картина характерна главным образом для районов древнего эрозионного разрушения, например для обширной территории правобережья Нижней Волги. В других случаях наибольшая мощность рыхлых покровных отложений наблюдается на плоских приводораздельных участках; это преимущественно в районах аккумуляции, где местность сложена рыхлыми четвертичными отложениями (Сыртовое Заволжье, Тамбовская низменная равнина и др.).

Суходольная гидрографическая сеть в процессе своего развития врезалась в виде ветвящегося дерева в междуречные территории, расчленяя их на отдельные участки. Степень расчлененности A того или иного района зависит от абсолютной высоты местности и превышения водоразделов над низинами, а также от податливости пород размыву. Она выражается коэффициентом расчлененности — протяженностью гидрографической сети L (в километрах) на 1 км^2 площади S :

$$A = L/S. \quad (1)$$

Коэффициент расчлененности территории в различных районах колеблется в широких пределах. Например, на Среднерусской возвышенности в районе Новосильской станции он составляет около 1,3 [69, 71]; в узкой правобережной приволжской полосе в пределах Волгоградской области — около 2 (А. В. Цыганков); в Куйбышевском Заволжье, по данным С. С. Соболева [131], 0,4—0,6; а в Саратовском Заволжье 0,2—0,3 км на 1 км^2 . Приречная зона расчленена намного больше, чем приводораздельная. Современный размыв обуславливает дальнейшее расчленение территории. Размытость территории современными оврагами в совхозе «Пионер» Клетского района Волгоградской области, по подсчетам В. К. Духнова, составляет 0,17 км на 1 км^2 .

Чем сильнее расчленена территория, тем больше площади приходится на гидрографическую сеть. Обычно в сильно расчлененных районах эта сеть, по данным А. С. Козменко [72], занимает от 10 до 15% площади, а в некоторых приречных районах до 25—30%. Расчлененность территории является в значительной степени показателем характера и интенсивности современных процессов эрозии. Так, в равнинных районах с более частой расчлененностью, обусловившей и значительную среднюю крутизну склонов, земли подвержены интенсивному смыву, размыв же присетевой зоны выражен слабее, чем в менее расчлененных районах, где распространены длинные склоны с незначительной средней крутизной; здесь, напротив, большие водосборные площади способствуют более интенсивному оврагообразованию при относительно меньшем смыве почв.

1. Размыв гидрографической сети и крутых склонов

Эрозия проявляется в двух основных формах: в виде смыва почв рассеянными струями воды и в виде размыва почвогрунтов (оврагообразование).

Размыв (оврагообразование), как правило, приурочен к древней гидрографической сети и падающим к ней крутым отрезкам склонов. Различают три основных вида размыва:

донный, концевой, или вершинный, и береговой. Разновидностью донного размыва является отвершковый (размыв дна коротких лощин — отвершков) и подмыв берегов, а разновидностью берегового — склоновый размык.

Донный размыв. Это размыв днищ различных звеньев суходольной гидрографической сети, в результате чего образуются донные овраги (рис. 2). Интенсивность размыва зависит от сложного взаимодействия природных и хозяйственных факторов, действующих в разных направлениях: величины водосбора данного звена гидрографической сети, уклона дна сети, степени устойчивости против размыва геологических пород и растительного покрова. Уклон дна обычно уменьшается от верхних звеньев сети к нижним: более крутое падение имеют короткие отвершки и лощины, в лощинно-суходольном и суходольном звеньях днище в направлении устья все больше выполаживается. Поэтому, несмотря на увеличение объема сточной воды, нижняя, более пологая часть суходолов и отдельных лощин обычно не размывается, и нередко в их устьевой части образуется конус выноса.

Размыв чаще всего начинается в лощинном звене. Вначале образуется на слабо задерненных участках дна водобиона или водориона с небольшим вершинным перепадом, затем размыв, углубляясь и расширяясь, продвигается своей вершиной вверх. В связи с тем что уклон нового размыва меньше, чем уклон размываемого днища сети, по мере роста размыва увеличивается вершинный перепад.

Донный размыв, достигнув вершины лощины, может развиваться дальше как вершинный, или концевой размыв. Но размыв вершин нередко начинается и самостоятельно под влиянием различных причин, вызывающих усиленную концентрацию стока около вершины.

Донный отвершковый размыв нередко связан с донным размывом в суходольных и лощинных звеньях, формирующим перепады в устьях отвершков. Размывом, часто целиком, охватываются днища отвершков, что обусловливает сползание почв и обнажение берегов. В каждый отвершок открывается небольшая водоподводящая ложбина, концентрирующая сток с собственного водосбора; поэтому отвершковый размыв переходит в размыв дна ложбины и выходит на склон, обуславливая развитие склоновых оврагов.

Концевой, или вершинный, размыв. Приурочен к крутым концевым участкам лощин, имеющим значительный водосбор. К вершинам обычно подходят одна или несколько ложбин (в виде веера). Активизация размыва в вершине лощины, как правило, связана с разбиванием здесь дернины, а также с усилением стока на водосборе вследствие низкой агротехники или других причин. Раз начавшись, размыв разрушает ложбины, выходя на склоны. Вершинный размыв обычно развивается в районах сильной эрозии.

Рис. 2. Донный овраг.



Береговой размыв. Размыв берегов гидрографической сети обусловливается двумя причинами: с одной стороны, он связан с поступлением концентрированного стока с прилегающих склонов, с другой — с нарушением дернины на берегах вследствие неумеренного выпаса скота, а в ряде случаев и с имевшей место в прошлом распашкой берегов. В районах, где распространены длинные склоны с ложбинами разной степени выраженности, сточные воды поступают на берега гидрографической сети по ложбинам концентрированными потоками, размывая их. Чем длиннее склон, тем при прочих равных условиях больше опасность размыва берегов и выхода оврагов на склон.

На интенсивность размыва оказывают влияние также экспозиция берегов и уровень агротехники, определяющие величины стока. Берега южной экспозиции обычно размываются сильнее, так как на них более слабая дернина; кроме того, они, как правило, имеют большую крутизну.

При большой длине склонов процесс размыва распространяется по наиболее выраженным ложбинам вверх, образуя склоновые овраги (рис. 3), расчленяющие поля. На наиболее крутых отрезках склонов выпукло-вогнутой формы склоновые овраги образуются вне связи с береговым размывом, чаще всего вследствие усиления стока на выгонах и пастбищах. Но и здесь они, как правило, приурочены к ложбинам. Оврагообразование на склонах нередко происходит также вследствие концентрации стока дорогами и придорожными кюветами.

Отложение продуктов размыва. В пологой устьевой части суходолов обычно наблюдается аккумуляция — отложение продуктов смыва и размыва, выносимых из размываемых верхних звеньев сети и со склонов. Они заносят в устье суходолов и на пойме ценные угодья, образуя здесь конусы выноса. Обширные конусы выноса нередко со щебнем и камнями можно почти повсеместно наблюдать в правобережье Среднего Дона в устьевых частях суходолов, открывающихся к пойме, и на самой пойме. Являясь малоплодородными, эти выносы сильно снижают ценность угодий.

В случаях когда суходолы открываются непосредственно в русло реки, приближающееся вплотную к берегу, продукты эрозии выносятся в реку, образуя мелководья в виде подводных конусов. Согласно подсчетам Г. А. Харитонова [169], в Дон ежегодно поступает во взмученном состоянии около 7 млн. т мелкозема, а по нашим подсчетам [145] в Волгу только на участке Камышин—Волгоград в среднем выбрасывается около 6 млн. т мелкозема.

С появлением водохранилищ в зоне их подпора в низовьях суходолов образовались лиманы, которые постепенно заливаются продуктами смыва и размыва.

Условия размыва и его распространение. Как отмечалось выше, донный размыв чаще начинается и протекает в средних

Рис. 3. Склоновые овраги.



и верхних звеньях суходолов, а устьевые участки их в большинстве случаев заносятся. Это свидетельствует о том, что современный размыв не связан с вековыми эпейрогеническими колебаниями земной коры и врезом речной сети. Он развивается на основе базисов, которые образовались в эпоху древних эрозионно-аккумулятивных процессов [150]. Рельеф является основным природным фактором развития современного размыва, однако ближайшие его причины — это резкое усиление поверхностного стока вследствие низкой агротехники, вырубка байрачных лесов, разбивание дернины на берегах и крутых склонах или их распашка без применения противоэрозионных мероприятий.

Таким образом, оврагообразование происходит под влиянием хозяйственной, преимущественно земледельческой деятельности человека, а не вследствие геологических причин. Отсюда следует, что защита почв от размыва находится в руках землепользователей.

Из других условий, способствующих усилению или ослаблению размыва, важное значение имеет состав грунтов, слагающих местность. В рыхлых песчано-глинистых породах размыв протекает намного интенсивнее, чем в твердых. При наличии твердых песчаниковых плит, а также в мелах, опоках и других породах интенсивность этого процесса намного ниже.

При оврагообразовании, как и вообще при русловых процессах, формируется тот или иной профиль равновесия оврага, соответствующий конкретным условиям своего образования. Под профилем равновесия понимается та или иная форма русла, в котором прекращаются или выражаются слабо процессы размыва и аккумуляции, и продукты эрозии равномерно проносятся по руслу вниз [22]. Указанные условия определяются крутизной и формой размываемого участка, объемом стока, поступающего в вершину, и составом пород. Профиль равновесия формируется под влиянием максимальных паводковых расходов стока. При размыве берегов, когда большая часть рыхлых продуктов обрушивания вершины остается на месте, профиль днища приобретает большую крутизну и обычно несколько вогнутую форму. При донном размыве, когда проходят большие массы воды, выносящей вниз продукты размывания вершины, профиль русла размыва становится более пологим, чем днище сети (до размыва).

Процессы оврагообразования и в настоящее время протекают довольно интенсивно, особенно по правобережьям крупных рек и их притоков. В эродированных районах непосредственно под оврагами находится от 0,8 до 1,5—2% площади, а местами до 3—4%. При этом поврежденная территория в два-три раза превышает площадь собственно размывов. Ежегодный линейный прирост оврагов нередко составляет 1—2 м и больше.

2. Смыв почвы

Смыв почвы происходит под влиянием удара дождевых капель и механического воздействия мелких рассеянных струй и ручейков дождевой или снеговой воды, стекающей по склонам. Он определяется совокупным действием многих факторов, важнейшими из которых являются: уклон поверхности и длина склона, податливость самих почв смыву, агротехника и способ хозяйственного использования земель, определяющие наличие и защитную роль растительного покрова, интенсивность осадков, характер снегоотложения и последовательность схода снега на склонах, положение полей с различным агрофоном на склонах и другие. Особенно большое значение имеет сток, формирующийся под влиянием гидрометеорологических, почвенных, агротехнических и других факторов.

Динамика мутности сточной воды

Интенсивность выноса почвы определяется мутностью сточной воды, сильно варьирующей в зависимости от конкретных условий. В. В. Звонков [53] установил четыре критических скорости течения русловых потоков, обусловливающих вынос и отложение мелкозема. При первой критической скорости воды начинается движение частиц по дну русла, при второй заканчивается разбег частиц и начинается их полет, третья критическая скорость характеризует конец взвешенного состояния (скакач) частицы и начало ее тормозного пути на дне потока, четвертая — конец тормозного пути. Согласно [49], наиболее опасный диаметр шарообразных частиц грунта лежит в пределах 0,015—0,033 см; ему соответствует наименьшая критическая скорость воды в русловых потоках 18—22 см/с. При уменьшении и увеличении диаметра частиц наименьшая критическая скорость воды возрастает. Однако, как отмечает Н. И. Маккавеев [95], когда раздробленный материал поступает в турбулентный поток со стороны, то он переносится тем в большем количестве, чем мельче раздроблен. «Введение крупного материала в поток может резко уменьшить его способность к эрозии, а добавление некоторого количества мелкого материала стимулирует движение более крупных частиц, которые до этого поток не передвигал» [95, с. 53]. Маккавеев обращает внимание на особенности денудационной работы нерусловых потоков (струй) малых глубин, смывающих почвы на склонах, и на их недостаточную изученность. Эти склоновые потоки чаще всего ламинарные и высококинетичные с бурным гидравлическим режимом течения. Их скорость не зависит от шероховатости русла, но больше реагирует на изменение уклона, чем при турбулентном потоке.

Мутность воды при одной и той же крутизне склона может колебаться в широких пределах; она зависит, с одной стороны, от живой силы ручья $mv^2/2$, а с другой — от податливости почвы

смыву при данном ее состоянии. Нередко она изменяется от ручья к ручью в огромном диапазоне — от 0,5 до 30—40 г/л и больше [137]. Экспериментальными исследованиями [137] установлено, что в процессе и по мере выработки ручьями мелких русел мутность сточной воды и интенсивность выноса мелкозема при одинаковых расходах ее со временем падают. При прохождении воды по таким руслам, ранее выработанным более сильными ручьями, ее мутность и интенсивность выноса почвы намного ниже, чем в процессе самостоятельной их выработки. Для повышения мутности требуется, чтобы значительно увеличился объем стока, что влечет за собой расширение и углубление русел. Однако в дальнейшем после установления постоянного расхода интенсивность выноса почвы снова уменьшается. Поэтому, например, два кратковременных ливня, разграниченных некоторым промежутком времени (три-четыре дня), могут произвести больший смыв, чем один ливень, равнозначный им по сумме и интенсивности выпадения осадков.

Сопоставим интенсивность смыва при ливнях и в период весеннего снеготаяния. Вопрос о механическом действии ливня на слабо защищенную поверхность получил отражение в работах многих отечественных и зарубежных авторов [14, 40, 42, 58, 77, 94, 130, 137 и др.]. Установлено, что при ливнях механическое действие капель способствует отделению почвенных частиц, их разбрызгиванию, а при затоплении поверхности тонким слоем воды — возникновению добавочной турбулентности и взмучиванию частиц, что облегчает их передвижение струями воды. При снеготаянии по мере обнажения почвы из-под снега почвенные комочки верхнего только что оттаявшего насыщенного влагой слоя легко распадаются на микроагрегаты, которые захватываются водой и уносятся. При этом мутность воды может быть очень высокой.

Согласно экспериментальным данным [137], при искусственном подтоке на обработанной с осени площадке (зябь) с оттаивающей почвой мутность сточной воды была приблизительно в 1,5—3 раза выше, чем при тех же расходах во время ливня летом (20,6—43,7 г/л против 14,8 г/л). Напротив, на полынной залежи мутность воды и интенсивность смыва при ливнях приблизительно в 1,5—2 раза превышала соответствующие величины, полученные весной при подтоке (мутность 15,1 г/л против 7,5 г/л).

Таким образом, на уплотненной и частично защищенной растительностью почве вследствие сильного механического действия дождевых капель интенсивность смыва при ливнях намного большая, чем во время снеготаяния. На рыхлой пашне в обоих случаях может быть высокая интенсивность смыва, причем во время ливня она в течение всего времени стока сохраняется на высоком уровне, лишь немножко уменьшаясь по мере выработки русел. При снеготаянии же наибольшая интенсивность

смыва наблюдается на завершающем этапе, главная же масса талой воды обычно проходит по мерзлой покрытой снегом почве и не производит значительного смыва.

В итоге можно заключить, что при легкой податливости почвы смыву (оттаивающая зябь, пар, неразвившиеся посевы) рассеянное прохождение сточных вод при одном и том же объеме стока может обусловить больший смыв, чем концентрированное. На участках, защищенных густопокровными культурами, наоборот, при рассеянном стоке происходит меньший смыв почвы, так как скорость и кинетическая энергия небольших струй может быть ниже критического уровня, при котором почвенные частицы способны отделяться от поверхности, взмучиваться и переноситься. При концентрированном прохождении стока по плужным бороздам (аналоги выработанных русел) вынос почвы значительно меньше, чем по более или менее ровной поверхности склона, когда объем воды в силу тех или иных причин один и тот же. Борозды слабее размываются талыми водами еще и потому, что в них к началу весеннего снеготаяния образуется ледяная или снежно-ледяная корка.

Влияние снежного покрова и экспозиции склона на смыв

При весеннем снеготаянии на первом этапе (до образования проталин) почва защищена снегом, поэтому сточная вода бывает прозрачной, смыв почвы практически отсутствует. С появлением проталин мутность снеговой воды резко возрастает, что указывает на интенсивный смыв почвы. На склонах без ложбин проталины обычно образуются, когда оставшийся запас воды в снеге при равномерном его отложении снижается приблизительно до 18—28 мм. В связи с этим важно учитывать перераспределение снега на склонах разной экспозиции и по элементам склонов. По данным Новосильской станции [74], количество снега на склонах (снежность склонов) характеризуется в среднем следующими коэффициентами: ровная приводораздельная площадь (контроль) — 1,0; склоны восточной, юго-восточной и южной экспозиций — 0,5; северо-восточной — 1,0; юго-западной — 1,2; северной и западной — 1,5; северо-западной — 2,0. Иногда снег сдувается и с юго-западных склонов [169].

Таким образом, в условиях Центральной лесостепи снегосдуваемыми являются склоны преимущественно восточной, юго-восточной, южной и отчасти юго-западной экспозиций, а снегозасыпанными — склоны противоположных экспозиций. На снегосдуваемых склонах мощность снежного покрова в направлении гидрографической сети уменьшается, а на снегозасыпанных увеличивается. Это обуславливает неодновременное ставание снега и обнажение почвы. Кроме того, на инсолируемых склонах в связи с большим притоком солнечной радиации интенсивность снеготаяния выше, чем на теневых, причем она увеличивается по мере возрастания крутизны инсолируемого склона.

В соответствии с высотным градиентом температура воздуха в нижних частях склонов несколько выше, чем на вышележащих участках и на водоразделах, что также сказывается на интенсивности снеготаяния. Все это обуславливает более раннее обнаружение от снега южных склонов и более высокую интенсивность смыва почв. Поэтому важно так отрегулировать снегоотложение, чтобы на нижних выпуклых отрезках склонов было больше снега, чем на вышележащих (особенно на южных склонах).

Противоэрзационная устойчивость почв

Способность почв противостоять смыву и размыву в большой степени зависит от их физико-химических, водно-физических свойств и от механического состава. Из физико-химических свойств важнейшими являются содержание гумуса и состав поглощающего комплекса. Как известно, органические вещества и тонкие коллоидные фракции почвы в присутствии катионов Ca^{++} и Mg^{++} способствуют образованию водопрочных агрегатов, что обуславливает более рыхлое сложение почвы, уменьшение ее объемного веса и увеличение водопроницаемости и создает более благоприятный водный режим. Поверхностный слой почвы с водопрочной структурой лучше противостоит механическому действию дождевых капель и струй воды и менее склонен к затапливанию по сравнению с бесструктурной почвой. Характер материнской породы также влияет на противоэрзационную устойчивость почв. В. Б. Гуссак [41], экспериментируя на монолитах с красноземными почвами Грузии, установил, что почвенная разность на делювиальной лессовидной глине более податлива смыву, чем глинистая почва на элювии коренных пород.

Наиболее устойчивыми в противоэрзационном отношении в сравнимых условиях являются черноземы среднего пояса (обыкновенные и выщелоченные); на север и на юг от них противоэрзационная устойчивость почв падает [131]. Она уменьшается также в связи с повышением степени смытости почв. Однако смываемость в конкретных природных условиях зависит от различного сочетания многих факторов и не всегда соответствует их противоэрзационной устойчивости, установленной в лабораторных условиях. Почвы находятся в различных биоклиматических условиях, с чем связана и разница в защитном влиянии естественной растительности. В северных районах и в средней полосе противоэрзационная роль растительности намного выше, чем в южных. В северных районах смыв и размыв почв вызывается преимущественно талыми водами, а в южных и юго-западных наиболее выражена ливневая эрозия. В летний сезон одна и та же почва во влажном состоянии менее податлива смыву, чем иссушенная [40, 137]. При одинаковой водопрочности агрегатов и одинаковом стоке смываемость почв в северных районах ниже, чем в южных.

Механический состав почв в значительной степени определяет

их податливость эрозии: более тяжелые почвы лучше противостоят смыву и размыву, чем легкие. Наиболее податливы смыву при значительных уклонах и наличии стока песчаные и супесчаные почвы, при этом основная масса твердых продуктов передвигается по дну и в придонной зоне [137]. Однако в связи с более высокой их водопроницаемостью в летний сезон при ливнях они меньше подвержены смыву, если на них не поступает сток с вышележащих участков; лишь при очень сильных ливнях смыв на таких почвах может достигать больших величин.

Влияние крутизны и длины склона на смыв

Крутизна склонов является основным условием развития смыва. На Новосильской опытной станции А. Д. Ивановским и Я. В. Корневым [80] получена следующая теоретическая зависимость, характеризующая влияние крутизны и длины склонов на смыв почвы:

$$M = AI^{0,75} L^{1,5} x^{1,5}, \quad (2)$$

$$W = AI^{0,75} L^{0,5} x^{1,5}, \quad (2a)$$

где M — расход смытого материала ($\text{кг}/\text{с}$), W — смыв почвы на единицу площади (кг), I — уклон поверхности склона (тангенс угла наклона), L — расстояние от водораздела (длина склона, м), x — интенсивность осадков или водоотдачи из снега ($\text{мм}/\text{мин}$), A — коэффициент, учитывающий другие факторы эрозии.

Из уравнений следует, что твердый расход и смыв почвы пропорциональны уклону в степени 0,75. Другие исследователи дают иные зависимости смыва от уклона.¹ По данным В. Б. Гуссака [41], полученным при экспериментировании на монолитах, смыв на красноземах возрастает пропорционально уклону в степени 0,4. Согласно исследованиям Б. В. Полякова, интенсивность смыва (мутность сточной воды) пропорциональна уклону в степени 0,5. К такому же выводу пришел В. В. Сластихин [130]. Г. В. Лопатин [87], обработав экспериментальные данные Гуссака, Шапошникова, Манилова, Земляницкого, а также некоторых американских авторов, пришел к выводу, что при крутизне склона менее 10° смыв приблизительно пропорционален уклону в первой степени, а при большей его крутизне — уклону в степени 0,86 (в среднем).

Формула А. В. Цинга [192] имеет следующий вид:

$$M = AI^{1,4} L^{1,6}. \quad (3)$$

Согласно американским данным [77, 192], удвоение крутизны склона увеличивает смыв в 2,5 раза.

¹ Ц. Е. Мирчулава. Инженерные методы расчета прогноза водной эрозии. М., «Колос», 1970, 240 с.—Прим. ред.

Из этого краткого обзора видно, что существуют большие расхождения в оценке влияния уклона на смыв почвы. Мы объясняем это главным образом тем, что влияние уклона в реальных условиях изменяется в широких пределах в зависимости от податливости незащищенной почвы смыву и степени ее защищенности. Чем лучше противостоит почва смыву (например, в силу хорошей оструктуренности и связности частиц, а также вследствие замерзания и т. д.) или чем лучше она защищена растительным и мертвым покровом, а также уплотнена, тем значение уклона меньше. И наоборот, в условиях обработки, когда почва находится в рыхлом состоянии и ее частицы способны легко отделяться и взмучиваться, значение уклона повышается до предела. Так, зависимость, полученная В. Б. Гуссаком, рассчитывалась для монолитов при естественном уплотненном сложении красноземных почв (без их обработки), полученная американскими авторами — при рыхлом состоянии почв.

Благодаря различной податливости почв смыву наибольшее влияние уклона обычно проявляется при разных его значениях: на легко податливой почве — при меньшей крутизне склона, на слабо податливой — при большей. Отсюда следует, что при интенсивных ливнях влияние уклона на смыв проявляется сильнее, чем при слабых. То же можно сказать и о величине стока: с его уменьшением влияние уклона на смыв сокращается и, наоборот, с увеличением возрастает. Можно полагать, что это влияние в определенной степени следует принципу зональности, так как сама почва и ее противоэррозионная устойчивость зональны. Показатель степени уклона n зависит от различных факторов: податливости почвы смыву, степени защищенности, поверхности и т. д. и изменяется в значительных пределах. Таким образом, противоэррозионные мероприятия, способствующие повышению защищенности и противоэррозионной устойчивости почвы, а также уменьшающие сток, снижают значение уклона как энергетического фактора смыва почв.

Длина склона, обусловливая нарастание объема стока и его кинетической энергии, способствует усилинию выноса почвы. Так, согласно уравнениям (2) и (2а), твердый расход и количество смытой почвы увеличиваются пропорционально длине склона в степени 1,5, а величина смыва на единицу длины возрастает к низу склона пропорционально корню квадратному из горизонтального положения длины склона. Иначе говоря, при увеличении его длины в 2 раза смыв почвы возрастает в 1,4 раза. По американским данным, удвоение длины склона способствует увеличению смыва приблизительно в 1,5 раза [77].

Указанные теоретические и эмпирические формулы, основанные на экспериментальных материалах, полученных на небольших площадках, характеризуют условия ливневой эрозии на незащищенной или слабо защищенной почве. На более задержанных участках или на почвах, мало податливых смыву, умень-

шается значение как крутизны, так и длины склона. В период весеннего снеготаяния, когда сток проходит лишь по частично отаявшей почве, в случаях равномерного залегания снега и равномерного обнажения почвы значение фактора длины склона (при неизменной крутизне) уменьшается, так как мерзлая подошва препятствует свободному углублению русел стока. Может быть, поэтому, как показывают наблюдения в природе, на прямых склонах преимущественно северной экспозиции смытость почвы вниз по склону в ряде случаев мало изменяется, а при слабой вогнутости профиля на отрезках с меньшей крутизной наблюдается отложение мелкозема и некоторое увеличение толщины почвенного слоя.

Возникает вопрос о совокупном влиянии крутизны и длины склона на интенсивность смыва. Вопрос этот достаточно сложен и слабо разработан. Обычно считают (и это нашло отражение в вышеприведенных формулах), что интенсивность смыва повышается пропорционально произведению степеней влияния того и другого, т. е. если, например, при удвоении крутизны и длины склона смыв с единицы площади увеличивается соответственно в 2,5 и 1,5 раза, то совокупное их влияние возрастает в 3,75 раза. Однако на склонах выпуклой формы увеличение протяженности должно сопровождаться усилением энергетического действия уклона на интенсивность смыва, особенно при резко выраженной выпуклости в их нижней части; на склонах вогнутой формы, наоборот, их удлинение должно способствовать некоторому ослаблению действия уклона. Обоснованием для такого вывода является следующее.

1. Как мы видели выше, влияние крутизны склона зависит от состояния и податливости почвы смыву, от степени ее защищенности растительностью, а также от интенсивности осадков и других факторов и проявляется в полной мере лишь при неблагоприятном сочетании этих факторов. Поэтому увеличение длины склона, сопровождающееся возрастанием массы и энергии воды, должно усиливать это влияние.

2. Как известно, при нарастании крутизны склона скорость стекания и мутность сточной воды увеличиваются, причем тем сильнее, чем резче возрастает крутизна. Поэтому при большой длине вышележащих отрезков склона малой крутизны там накапливается много воды со свободной энергией, обусловливающей резкое увеличение мутности и интенсивности выноса почвы с нижележащих крутых отрезков склона. При малой длине вышележащих отрезков склона, а также на склонах с одинаковым падением подобного нарастания мутности не происходит.

Таким образом, на длинных склонах, пологих в приводораздельной части и крутых в присетевой, интенсивный вынос почвы происходит благодаря увеличению массы воды при резком нарастании ее мутности. Влияние уклона в таких условиях намного возрастает в связи с увеличением длины склона.

Изложенное позволяет на основе вышеприведенных формул написать выражение твердого расхода (выноса) почвы в следующем виде:

$$M = AI \frac{1,4}{a} + \frac{2L}{10^4} L \frac{1,5}{a}, \quad (4)$$

где a — коэффициент, характеризующий степень защищенности почвы растительностью, мульчей, щебенкой, снегом и проч.; он может варьировать от 1 до 100 и больше, причем для незашитенной почвы он равен 1, для слабозашитенной 1,1—1,5, для среднезашитенной 1,6—3,5, хорошо защищенной 3,6—6,0 и для очень хорошо защищенной, весьма слабо поддающейся смыву и размыву, более 6.

В настоящее время уже имеются данные, свидетельствующие о том, что на почвах с очень слабой противоэррозионной устойчивостью при весьма интенсивных ливнях показатель степени при уклоне i может достигать трех.

Анализ вопроса позволяет сделать следующее заключение. Осуществляя мероприятия по перехвату и отводу сточных вод, поступающих с вышележащей части склона, или их уменьшению другими способами и проводя залужение и облесение земель присетевого и гидрографического фонда, можно резко сократить процессы эрозии на этих землях.

Влияние обработки почвы и растительного покрова на смыв

Рыхление почвы приводит к обособлению структурных отдельностей и распылению, и это увеличивает податливость смыву. Но в рыхлую почву лучше впитывается вода, в результате сокращается сток. Поэтому обработка почвы в одних случаях способствует усилению эрозии, в других же, наоборот, ослабляет ее. Рыхлая почва в черном пару и под пропашными культурами способна полностью поглощать первые один-два умеренных ливня, вследствие чего на ней в это время может и не быть смыва. Талые воды на черноземах и каштановых почвах степей в большинстве весен почти полностью поглощаются зябью, и тогда при отсутствии подтока сверху смыва на ней не происходит. Можно расположить посевы, садовые, луговые и лесные угодья на склонах по степени их подверженности смыву в порядке убывания его интенсивности в последовательности, приведенной в табл. 1. Эта схема лишь в общих чертах отображает картину распределения различных видов пашни и сельскохозяйственных угодий по степени их подверженности эрозии.

Большое значение в характере и интенсивности смыва имеет относительное положение полей на склонах. Если выше по склону находится стокообразующее поле, например посевы озимых или многолетних трав, а ниже — зяблевая пахота, то на нижележащем поле может быть весьма интенсивный смыв, при обратном сочетании смыв бывает незначительный [142].

Таблица 1

Распределение сельскохозяйственных посевов и угодий в различных районах по степени их подверженности эрозии (в порядке убывания)

Районы	Почвы	Сток	Последовательность расположения посевов и угодий по степени подверженности эрозии
Эрозия, вызываемая преимущественно талыми водами			
Лесостепь и северная степь	Серые лесные, оподзоленные и вышелоченные черноземы	Сильный и значительный с зяби	Зяблевая пахота, сад (междурядья обрабатываются), посевы озимых культур, многолетние травы 1-го года жизни, многолетние травы 2-го года жизни и больше, суходольный луг с хорошим покрытием, лес
Степь	Черноземные и каштановые	7 лет в 10-летие очень слабый или отсутствует	Озимые, многолетние травы 1-го года жизни, сад, зяблевая пахота (7 лет в 10-летие), многолетние травы последующих лет жизни, залежь, пастбища, байрачный лес

Эрозия, вызываемая преимущественно ливневыми водами

Юго-западные и южные	Черноземные и темно-каштановые	Сильный и значительный	Чистые пары, многолетние травы весеннего посева, сад, пропашные культуры, поздние крупяные и зернобобовые культуры, ранние яровые, озимые, многолетние травы 2-го года жизни и больше, пастбища, лес
----------------------	--------------------------------	------------------------	--

Для приблизительной характеристики смыва (аккумуляции) на полях с различным агрофоном и разных элементах склона предлагается следующее уравнение:

$$M = 10(\gamma_2 - \gamma_1) \frac{Ly_1}{l} + 10\gamma_2 y_2, \quad (5)$$

где M — смыв почвы в нижележащем поле (кг/га); γ_1 — мутность подтекающей с вышележащего поля воды (г/л); γ_2 — мутность воды на нижележащем поле (г/л); L — длина склона, откуда поступает вода (или ширина вышележащего поля) (м); l — длина нижележащего отрезка склона, где определяется смыв

(ширина поля) (м); y_1 — слой стока с вышележащего поля (шириной L) (мм); y_2 — слой стока с нижележащего поля (мм).

Уменьшение смыыва на нижележащем поле может быть достигнуто: а) уменьшением ширины вышележащего стокообразующего поля и сокращением стока, поступающего вниз; б) переводом поверхностного стока во внутргрунтовый на границе между двумя полями (в лесополосах) или с помощью посевов многолетних трав (например, при почвозащитном севообороте).

Распределение почв на склонах по степени смытости

Выпуклая форма склонов характеризуется постепенным нарастанием крутизны по мере продвижения книзу, поэтому в том же направлении возрастает интенсивность смыва и усиливается историческая смытость почв, т. е. смытость за период сельскохозяйственного использования земель. При указанном типе водосбора почвенный покров по степени смытости распределяется в такой последовательности: на приводораздельных участках и пологих склонах (до $1,5-2^\circ$) залегают несмытые и слабосмытые почвы, далее по склону следуют различные по ширине пояса слабосмытых, среднесмытых, сильносмытых и местами весьма сильносмытых почв.¹

История распашки часто вносила существенные поправки в приведенную схему. Во многих случаях нижние отрезки склонов вблизи населенных пунктов отводились под выпас скота и до недавнего времени не распахивались, поэтому смыв на них протекал слабо. При таком сочетании угодий увеличение смытости почвы наблюдается лишь до нижнего края пашни, граничащего с пастищем; здесь она может достигать средней, а иногда и сильной степени. На выпасах в узкой полосе (40—60 м), примыкающей к пашне, наблюдается отложение мелкозема и залегают намытые почвы. На склонах прямой формы (с равномерным падением) интенсивность смыва также постепенно нарастает книзу, но в меньшей степени; эродированные почвы здесь менее распространены.

На длинных выпуклых и прямых склонах (более 400—500 м), которые, как правило, расчленены древними ложбинами, имеет место иная закономерность: некоторое уменьшение на них мощности почвы вследствие смытости примерно до половины или двух третей склона (считая от водораздела), где ложбины еще не выражены; здесь обычно располагается пояс слабой и средней смытости (при выпуклой форме профиля). Затем ниже по склону в зоне ложбинности наблюдается резко выраженная комплексность по смытости: на межложбинных во-

¹ Слабосмытыми почвами считаются такие, которые потеряли не более 25% гумусового горизонта ($A+B_1$), среднесмытыми — от 25 до 50%, сильносмытыми — от 50 до 75% и весьма сильносмытыми от 75 до 100% этого горизонта. Несмытой считается почва с уменьшением гумусового горизонта не более 3—4 см [139].

доразделах обычно залегают несмытые или слабосмытые почвы, на микросклонах и в днищах ложбин — средне-, сильно- и весьма сильносмытые. На склонах вогнутой и выпукло-вогнутой формы наиболее интенсивный смыв на более крутых отрезках, далее он ослабевает и сменяется отложением мелкозема. Поэтому на

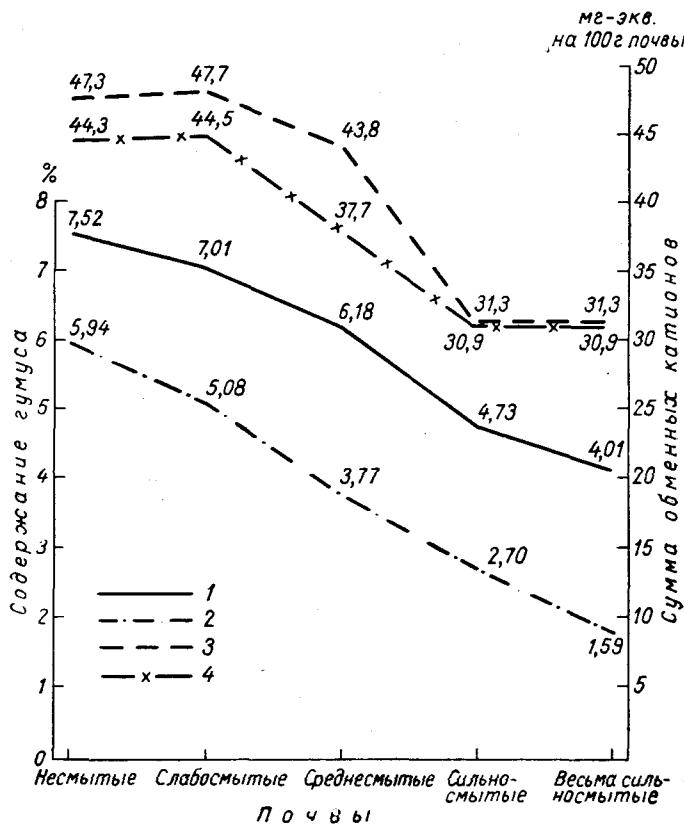


Рис. 4. Содержание гумуса и обменных катионов (Ca^{++} и Mg^{++}) в эродированных почвах Куйбышевского Заволжья.

Содержание гумуса: 1 — в пахотном горизонте, 2 — в подпахотном горизонте; сумма обменных катионов: 3 — в пахотном горизонте, 4 — в подпахотном горизонте.

Верхних или средних отрезках таких склонов залегают в той или иной степени смытые почвы (при выходах твердых коренных пород — щебенистые), а на пологих шлейфах — намытые.

Распространение смытых почв и падение их плодородия

Согласно данным С. С. Соболева и И. Ф. Садовникова [134], в европейской части СССР подвержено эрозии около 50 млн. га, из них приблизительно 30 млн. га слабосмытых почв и около

10—11 млн. га средне- и сильносмытых. По подсчетам С. И. Сильвестрова [127], на этой территории эрозии подвержено около 52,6 млн. га, в том числе пашни и многолетних насаждений 33 млн. га, пастбищ 15 млн. га, оврагов 4,6 млн. га. По нашим ориентировочным подсчетам, произведенным на основании исследований на ключевых участках, в Орловской области имеется около 967,8 тыс. га в разной степени эродированных земель (39,6% общей площади и 45,3% площади пашни), в том числе среднесмытых 356,8 тыс. га, сильносмытых 207,4 тыс. га и весьма сильносмытых (в прошлом бросовых) 39,6 тыс. га. В Куйбышевской области насчитывается около 892 тыс. га слабосмытых почв, 311 тыс. га среднесмытых и 62 тыс. га сильно- и весьма сильносмытых, а всего около 1265 тыс. га, или 30,5% площади пашни [150]. Много эродированных почв имеется и в других областях Поволжья, Центра, Юга и других районов СССР. Большая часть эродированных земель находится в интенсивном сельскохозяйственном пользовании, а некоторая часть вследствие сильной смытости и размытости перешла в разряд так называемых бросовых земель, используемых в качестве малопродуктивных выгонов.

В процессе смыва сильно ухудшаются физические, химические и физико-химические свойства почв. Об ухудшении плодородия таких почв свидетельствуют наши данные об уменьшении гумуса и обменных оснований в черноземах ключевых участков Куйбышевского Заволжья (рис. 4). Как видно, в диапазоне слабой смытости содержание гумуса и обменных оснований изменилось мало, хотя мощность почвы уменьшилась; по мере увеличения смытости темп их уменьшения возрастает, особенно в подпахотном горизонте, в связи с чем ухудшаются и другие свойства почв и резко падает их плодородие. Это находит свое выражение в снижении урожаев сельскохозяйственных культур.

На основании экспериментальных данных опытной сети ВНИАЛМИ и литературных источников, а также сведений о распределении гумуса в почвах разной степени смытости нами получена следующая шкала снижения урожаев: на слабосмытых почвах в среднем до 10—15% (средний коэффициент для эродированного пояса 0,07), на среднесмытых от 10 до 40% (средний коэффициент для пояса 0,25), на сильносмытых от 40 до 60% (средний коэффициент 0,5) и на весьма сильносмытых от 60 до 80% (средний коэффициент 0,7) по сравнению с несмытыми почвами.

Глава II. ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА ТАЛЫХ ВОД

Инфильтрация

Водопроницаемость, или инфильтрационная способность почвы, является свойством, определяющим скорость впитывания и просачивания в нее воды¹. Как показывают опыты, инфильтрационная способность черноземов выше, чем каштановых и серых лесных почв, а серые лесные почвы, в свою очередь, как правило, более водопроницаемы, чем дерново-подзолистые. Почвы в различной степени смытые отличаются большим объемным весом, повышенной плотностью и пониженней водопроницаемостью по сравнению с несмытыми; в рыхлом состоянии они обладают лучшей инфильтрационной способностью, чем в уплотненном. На степной целине и в лесу вода просачивается с большей скоростью, чем на пастбищах и на пашне, особенно на старопахотных участках [39]. Почвы легкого механического состава — песчаные и супесчаные — в теплое время, как правило, отличаются лучшей водопроницаемостью, чем суглинистые и глинистые.

При изучении инфильтрационной способности почв применяются две группы методов: 1) методы, основанные на сплошном затоплении микроплощадок; 2) методы, основанные на подаче воды в виде дождя (дождевание). При сплошном затоплении получаются максимальные показатели инфильтрации для данной почвы, поэтому мы называем выявленную таким методом водопроницаемость *максимальной*, а проявляющуюся в естественных условиях во время дождей и ливней, когда поверхность склона затапливается лишь частично, *реальной*. Реальная водопроницаемость незащищенной почвы значительно ниже максимальной. На впитывание воды в почву склонов в реальных условиях оказывают сильное влияние различные факторы, которые обусловливают большее или меньшее затопление поверхности [26]. Это может быть устойчивый нанорельеф² и микрорельеф

¹ Процессы впитывания воды с поверхности почвы подробно рассмотрены в работах: А. А. Роде. Основы учения о почвенной влаге, т. I. Л., Гидрометеоиздат, 1965, 664 с.; Э. Чайлдс. Физические основы гидрологии почв. Пер. с англ. Л., Гидрометеоиздат, 1973, 428 с.—Прим. ред.

² Под нанорельефом понимается сочетание мелких форм поверхности, возникающих в результате обработки почвы и измеряемых сантиметрами

поверхности, более или менее густой травостой, различная мульча, интенсивность осадков и т. д., а в период снеготаяния — снежный покров.

Просачивание талых вод зависит, с одной стороны, от активной пористости почвы, определяющей ее максимальную водопроницаемость (в теплое время), а с другой — от промерзания почвы и степени закупорки ледяными пробками водопроводящих пор. Процессы замерзания и оттаивания почв оказывают многостороннее влияние на практику земледелия и на деятельность других отраслей народного хозяйства, поэтому они являются предметом самостоятельного изучения. Они освещались в литературе как в связи с проблемой защиты сельскохозяйственных растений от вымерзания, так и в общем плане влияния промерзания на просачивание суглеводных вод в почву и формирование стока.

В. В. Докучаев, А. И. Воейков, П. А. Костычев и другие ученые много внимания уделяли водному режиму почв и процессам их замерзания и оттаивания. Раньше господствовала точка зрения о водонепроницаемости мерзлой почвы.¹ А. А. Шалабанов [176] показал, что мерзлая почва способна пропускать талые воды. Позднее водопроницаемость мерзлой почвы была доказана многочисленными наблюдениями и экспериментами [62, 76, 135, 137, 138, 173 и др.]. Н. А. Качинский [62], например, исследовал и обстоятельно описал процессы замерзания и оттаивания почвы и условия просачивания в нее талых вод на различных сельскохозяйственных угодьях лесной зоны. Им охарактеризована связь глубины промерзания с мощностью снежного покрова и с совокупным влиянием других факторов. Качинский различает два типа оттаивания почвы: «первый тип, когда почва целиком размерзается снизу еще до схода снега за счет тепла глубинных горизонтов»; при втором типе «размерзание почвы идет в двух направлениях: снизу за счет тепла глубинных горизонтов и сверху после схода снега, за счет солнечного тепла» [62, с. 47]. Просачивание талых вод в почву он связывает со степенью влажности мерзлой почвы и заполнением почвенных пор и ходов льдом, т. е. с льдистостью почвы, что подтверждено последующими исследованиями.

На Новосильской опытной станции изучалось распределение снега и его мелиоративная роль. Было установлено большое отепляющее влияние снежного покрова, защищающего почву от глубокого промерзания. Выявлено благоприятное влияние различных противоветровых защит на ослабление промерзания почвы.

¹ Механизм кристаллизации воды в породах и реологические свойства так называемой связанной воды изложены, например, в книге «Современное представление о связанной воде в породах». М., Изд-е АН СССР, 1963, 126 с.—
Прим. ред.

Г. Д. Рихтер пришел к выводу, что «слой рыхлого снега в 30—40 см представляет собой теплоизоляционную прослойку, весьма замедляющую теплообмен почвы и воздуха. С момента накопления слоя снега такой мощности тепловой режим почвы оказывается практически независимым от атмосферы» [120, с. 19].

И. А. Кузник [86] дает следующую зависимость глубины промерзания h от высоты снежного покрова H :

$$h = (0,84 - 0,016H) \sum t^{0,74}, \quad (6)$$

где $\sum t$ — сумма средних суточных отрицательных температур воздуха. По его наблюдениям, промерзание почвы полностью прекращается при высоте снега 45—50 см. И. П. Сухарев [160], проанализировав результаты наблюдений над промерзанием почвы на полевых и лесных площадках в Каменной степи за период 1948—1958 гг., пришел к выводу, что на лесных площадках запасы снеговой воды в среднем почти в 3 раза больше, а глубина промерзания почвы более чем в 2 раза меньше по сравнению с полевыми площадками.

Согласно лабораторным исследованиям В. Д. Комарова [76], поступление талой воды в почву сопровождается снижением ее водопроницаемости. В связи с тем что почвенная влага различных категорий замерзает при разных температурах (гравитационная вода при 0°C, стыковая и четочная, удерживаемая силами поверхностного натяжения, при -1,5, -0,1°C, связанная вода при гораздо более низкой температуре), в процессе впитывания талой воды происходит, с одной стороны, частичное ее превращение в лед, сопровождающееся выделением скрытой теплоты плавления и некоторым повышением температуры почвы, а с другой — таяние льда с образованием малоподвижной связанной воды. Это и обуславливает уменьшение инфильтрационной способности почвы.

С. И. Харченко [170], анализируя факторы, определяющие поглощение талых вод и формирование стока на малых водосборах р. Сал и других рек юга, подчеркивает зависимость стока от дефицита влажности метрового слоя почвы, глубины промерзания и льдистости почвы.

Автором [137, 138] установлено, что при замерзании сильно-влажной почвы происходит капиллярное передвижение воды к поверхности замерзания (граница твердой и жидкой фаз) вследствие ее постоянного стремления образовывать на замерзшей поверхности пленку и изъятия последней как жидкой фазы.¹ Это ведет к быстрому накоплению льда в порах и полостях, сопровождающему потерей инфильтрационной способ-

¹ Механизм передвижения влаги к фронту промерзания рассмотрен в статье: А. М. Глобус, С. В. Нерпин. О механизме передвижения почвенной влаги к промерзающему горизонту.—«ДАН СССР», 1960, т. 133, № 6, с. 1422—1424.—Прим. ред.

ности почвы, к расширению (вспучиванию) мерзлой почвы и резкому уменьшению ее объемного веса. При резких колебаниях температур днем и ночью, например весной, влажность замерзающего слоя почвы может повышаться за одну ночь на 15—20%. Насыщение влагой верхнего мерзлого слоя происходит также во время оттепелей, причем более интенсивно на уплотненной пашне, нередко с образованием поверхностной ледяной корки. В рыхлосложенной нераспыленной почве, например в случае глубокой вспашки под зябь, даже при высокой ее льдистости значительная часть порового пространства остается открытой, что определяет довольно интенсивное впитывание талых вод и уменьшение стока.

Экспериментами в полевых условиях установлено, что при рыхлении слоя мерзлой почвы 5—7 см ее водопроницаемость резко возрастает. Однако в некоторые годы, когда сильное оледенение распространяется до 20 см, мелкое рыхление почвы не способно обеспечить достаточно интенсивного водопоглощения. При разработке технологии такого рыхления (перед началом снеготаяния) нужно предусмотреть, чтобы почва оставалась покрытой снегом и не перемешивалась с ним, в противном случае снежно-земляная масса днем будет таять, а ночью слитно замерзать и эффективность мероприятия окажется ничтожной.

С уменьшением предзимнего увлажнения почв с севера на юг и юго-восток глубина их промерзания уменьшается; серые лесные почвы промерзают глубже, чем черноземы, а черноземы глубже, чем каштановые. По годам глубина промерзания варьирует в широких пределах — от 0 до 150—160 см [152]. В лесных насаждениях глубина промерзания почвы обычно бывает в 1,5—2 и даже в 3 раза меньше, а в приопушечной зоне — до 1,5—2 раз меньше по сравнению с полями. Сухая переохлажденная почва не обнаруживает эффекта промерзания. Оттаивание черноземных и каштановых почв весной в лесных полосах и на участках зяблевой пахоты в приопушечной зоне (нередко и на полях) происходит сверху одновременно с таянием снега, под влиянием тепла просачивающейся в почву талой воды, и снизу, а на уплотненной пашне — сверху после схода снега. В начале снеготаяния при контакте талой воды с почвой на уплотненной пашне нередко формируется ледяная корка. В приопушечной зоне лесных полос до 25—50 м корка менее развита или отсутствует.

Особенности впитывания талой воды обусловливаются: 1) пониженнной инфильтрационной способностью мерзлой почвы и 2) наличием на ней снежного покрова. Снежный покров, обладая водоудерживающей способностью, обеспечивает почти сплошное затопление поверхности почвы водой и играет роль постоянно действующего фактора впитывания. Именно поэтому такие факторы реальной водопроницаемости, как микрорельеф пашни, растительный покров и его густота, уклон поверхности,

обуславливающие степень затопления почвы во время дождя, в период снеготаяния, при прочих равных условиях, не действуют или почти не действуют. Они начинают оказывать свое влияние лишь после обнажения почвы из-под снега. Например, роль нанорельефа зяблевой пахоты сводится к задержанию талой воды на завершающем этапе снеготаяния в соответствии с его емкостью. В этом коренится основная причина того, что микрорельеф пашни играет ограниченную роль в задержании талых вод. Фактическая сторона этого влияния будет рассмотрена в последующих главах.

Методы исследований

В практике почвенно-гидрологических исследований определились в основном два методических подхода, которые в зависимости от поставленных целей применяются в чистом виде или в той или иной комбинации. Для изучения закономерностей формирования поверхностного стока и эрозии почв применяются методы стоковых площадок и другие, а для познания водного режима почв — методы определения влажности. Последние широко используются при исследованиях, ставящих целью оценку эффективности различных агротехнических и агрохимических мероприятий и приемов. Определяя влажность почвы в разные сроки, устанавливают количество просочившейся в почву воды и характеризуют динамику распределения влаги и влагозапасов в почве. Нередко на этом основании судят о доле атмосферных осадков, усвоенных почвой, и о коэффициентах стока. Однако такой путь нельзя признать обоснованным; для характеристики стока нужно применять методы прямого его определения. В зависимости от размеров и характера водосборов различают три типа объектов, где изучают водный баланс и сток: 1) стоковые площадки, 2) водосбор лощины, суходола, лога, 3) река и ее бассейн [92].

Одной из основных задач, стоящих перед автором, является исследование факторов, обуславливающих формирование стока талых вод на сельскохозяйственных угодьях (гидрометеорологических, почвенных, агротехнических), и получение количественной характеристики стока в целях более рационального построения системы мероприятий, направленных на его сокращение и регулирование и защиту почв от эрозии. Данной задаче в наибольшей степени отвечает метод элементарных полевых и комбинированных (с включением участков леса или луга) стоковых площадок. Этот метод позволяет проводить исследования элементов водного баланса в наиболее сравнимых условиях в отношении рельефа, почв и агротехники и соблюсти принцип единственного различия.

Изучение стока на водосборах лощин и суходолов мы считаем наиболее целесообразным, когда нужно оценить водорегулирующую и противоэррозионную эффективность системы противоэро-

зионных мероприятий (лесных насаждений в сочетании с лугомелиорацией и более высокой агротехникой) или отдельных ее элементов, например степени облесенности водосбора. В таких случаях подбираются водосборы, сходные по почвенным и геоморфологическим условиям, но отличающиеся по степени облесенности или степени осуществления комплекса противоэрозионных мероприятий. Наибольшее распространение в практике водобалансовых исследований получили стоковые площадки размером 0,15—0,3 га, в некоторых случаях до 1 га. Однако применялись площадки и значительно меньших размеров. М. И. Львович [92] считает нежелательным применение малых площадок; по его мнению, «при ширине порядка 30 м их длина должна составлять 150—300 м» [92, с. 136].

При изучении инфильтрационной способности почвы и стока дождевых вод в условиях искусственного дождевания применяют очень малые и малые площадки, в основном от 0,4 до 10 м², иногда больше [40, 41, 48, 67, 75, 96, 112, 125, 130, 136, 137, 143, 158, 166, 167, 172, 178, 184, 185, 186, 189, 191 и др.]. При этом экспериментами установлено, что по мере уменьшения длины площадки скорость впитывания осадков понижается, а слой стока увеличивается, и наоборот — на более длинных площадках слой и коэффициент стока уменьшаются, т. е. наблюдается редукция стока [137, 158]. Мы объясняем это различной степенью затопления площадки: чем она длиннее, тем больший слой воды образуется в ее средней и нижней частях за счет подтока сверху и тем глубже затопляются элементы нанорельефа, обусловливая повышенную интенсивность впитывания воды. Однако по мере увеличения длины площадки указанная тенденция все больше ослабевает, так как сток на пашне быстро концентрируется в струи.

Следует подчеркнуть, что на площадках малого и среднего размера вскрываются естественные закономерности водогодления и стока, лежащие в основе формирования водного баланса данной территории. Малые площадки лишь несколько исказывают картину в сторону увеличения слоя и коэффициента стока по сравнению со средними и большими. Однако при строгой оценке водозадерживающей эффективности различных агротехнических приемов площадки в несколько квадратных метров и даже десятков метров малопригодны. В этом случае их площадь должна составлять как минимум несколько сот квадратных метров, а лучше — не менее 0,1 га, что позволит производить обработку почвы тракторами и создавать условия для механического воздействия сточных вод на микрорельеф пашни; но, с другой стороны, на больших площадках очень трудно учитывать ливневый сток из-за его больших объемов.

Иначе обстоит дело при изучении стока талых вод. Теоретически можно полагать, что в период весеннего снеготаяния, когда сток проходит по мерзлой слабо водопроницаемой почве,

размеры стоковых площадок при прочих равных условиях не должны существенно влиять на величину и коэффициент стока и искажать их; слой стока должен быть одинаковый как на малых, так и на больших площадках. А. И. Решетников [119], проанализировав показатели стока талых вод в 1938 и 1939 гг. на стоковых площадках Валдайской научно-исследовательской гидрологической лаборатории (ВНИГЛ) с однородной супесчаной почвой, имевших длину 10, 40 и 80 м, пришел к выводу, что при прохождении талых вод по мерзлой почве увеличение пути их добегания в связи с большей длиной склона не оказывает влияния на инфильтрацию воды в почву и на слой стока.

Однако сток с малых площадок может варьировать в связи с некоторой неоднородностью почвенного покрова или неоднородностью обработки почвы. С этой точки зрения малые площадки нежелательны; они мало приемлемы и в том отношении, что точность измерения стока на них понижается. Принимая все это во внимание, мы считаем оптимальными следующие размеры стоковых площадок: ширина 20—25 м, длина 80—150 м. В ряде случаев пригодны и несколько меньшие площадки (50×60 м).

Большие площадки мало приемлемы по следующим соображениям: 1) при изучении влияния степени эродированности почвы на сток их трудно расположить на склоне; 2) сужается возможность закладки опыта с большим числом вариантов; 3) увеличивается объем работы по снегомерной съемке и определению плотности снега, что ведет к снижению точности опыта; 4) затрудняется измерение стока вследствие его больших объемов, возможны прорывы оградительных валов; при всем этом мы не получаем каких-либо преимуществ по сравнению с площадками средних размеров.

Что касается комбинированных стоковых площадок, включающих участки лесного насаждения, то их размеры желательно увеличивать (длину до 200—300 м и больше, ширину до 30 м), для того чтобы обеспечить поступление в лесное насаждение большого объема сточной воды. Автором в течение многих лет изучался поверхностный сток талых вод на опытной сети ВНИАЛМИ на площадках от 0,10—0,11 до 0,5 га, в большинстве же случаев — около 0,16—0,20 га.

Гидрологическую и противоэррозионную эффективность различных агротехнических приемов (глубина зяблевой обработки, лункование, прерывистое бороздование и др.) нужно изучать в производственных условиях на полях севооборотов, где происходит чередование озимых и яровых культур и многолетних трав. В связи с ротацией севооборота и сменой агрофона при длительном проведении опытов неизбежен переход с одного поля на другое и закладка временных стоковых площадок на двух-трех участках. При исследовании водопоглощающей и противоэррозионной эффективности лесополос и других насаждений,

а также целинных луговых участков комбинированные лесные и луговые площадки должны находиться на одном месте.

Метод стоковых площадок в сравнимых условиях обеспечивает достаточную точность результатов при изучении элементов водного баланса, поэтому в ряде случаев варианты берут без повторности. Исходя из целесообразности вводить в опыт по возможности больше вариантов и учитывая значительные размеры площадок и в связи с этим трудности их размещения на склоне из-за недостатка подходящей площади, мы считаем достаточным иметь двукратную повторность при систематическом расположении контрольных площадок (через 3—4 площадки), что позволяет проводить математическую обработку результатов, применяя дисперсионный метод [46].

В наших исследованиях стоковые площадки закладывались обычно в двукратной повторности или без повторности, а в некоторых случаях в методических целях в трехкратной и больше. В ряде случаев возникает необходимость расположения стоковых площадок на склоне в два и даже в три яруса, что позволяет (при наличии контролей во всех ярусах) одновременно с оценкой эффективности изучаемых приемов получить данные о влиянии степени эродированности почвы на сток талых вод и смыв почвы. Стоковые площадки закладываются осенью на подготовленных заранее агрофонах. Для измерения стока нами устанавливались на них водосливы Томпсона с тонкой стенкой, а в некоторых случаях сток учитывался объемным способом.

В настоящей работе определенное место удалено описанию гидрометеорологических условий формирования стока талых вод в целях выявления генезиса этого процесса и разработки основ прогнозирования стока с сельскохозяйственных угодий. Характеристика условий погоды холодного периода по годамдается на основании тщательных визуальных наблюдений за некоторыми элементами погоды и анализа данных метеорологических станций. Интенсивность стока характеризуется по предлагаемой шкале (табл. 2). В ней принимаются два показателя: величина

Таблица 2
Шкала интенсивности стока талых вод

Сток	Величина стока (мм)	Коэффициент стока
Нет	0,0	0,0
Очень слабый	До 7	До 0,05
Слабый	От 8 до 20	0,06—0,15
Умеренный	От 21 до 40	0,16—0,35
Сильный	От 41 до 75	0,36—0,65
Очень сильный	От 76 до 115	0,66—0,85
Чрезмерно сильный	> 115	> 0,85

(слой) стока и его коэффициент. Нередко эти показатели не вполне согласуются между собой и попадают в разные градации. В таких случаях при определении интенсивности стока нужно исходить из его величины. Например, при слое стока 7 мм и коэффициенте 0,09 сток характеризуется как очень слабый. С другой стороны, может случиться (при очень больших снегозапасах), что величина стока превышает 75—80 мм, что служит основанием отнести его к градации очень сильного, а коэффициент стока менее 0,35, что является признаком умеренного стока. В этом случае сток характеризуется как сильный.

В некоторые годы значительная часть снежных запасов стаивает во время зимних оттепелей, сопровождающихся дождями, и к началу весеннего снеготаяния остается мало снега; особенно часто это случается в южных районах. В таких условиях даже при малых величинах стока его коэффициент бывает очень большим и характеристика силы стока по коэффициенту получаетсяискаженной. Во избежание этого в годы с зимними оттепелями надо вычислять коэффициент стока также и относительно всей суммы осадков, выпавших в холодный период. При оперировании с материалами ВНИАЛМИ для лет с зимними оттепелями мы выражаем коэффициент стока дробью, где числитель — величина относительно весенних запасов снеговой воды (включая и осадки за период снеготаяния), а знаменатель — относительно суммы осадков холодного периода, измеренных осадкометром. Числитель будем называть частным коэффициентом, знаменатель — общим.

При сопоставлении показателей стока с различных вариантов зяблевой обработки или других агрофонов нередко приходится сталкиваться с фактом сильного влияния различных запасов снеговой воды. Для исключения вызванной этим влиянием разницы в стоке приходится приводить величины стока к одинаковым влагозапасам в снеге. Приведение в необходимых случаях осуществлялось умножением запасов снеговой воды опытного варианта на коэффициент стока, полученный на контроле. В некоторых случаях предварительно вносились поправка к коэффициенту стока в связи с различными снегозапасами, а затем приводилась величина стока. Обоснование правомерности таких операций и определение условий их применения дается в § 4 главы II.

Смыт почвы определялся по методу водородин (струйчатых размывов) и по твердому стоку. Сечения струйчатых размывов измерялись на профилях в верхней, средней и нижней частях стоковых площадок, а также на склонах за пределами площадок. Величина смыва определялась по формуле

$$P = 10000S/L, \quad (7)$$

где P — вынос почвы ($\text{м}^3/\text{га}$), S — суммарная площадь сечения

водороин (м^2), L — длина профиля (м), на котором произведен замер водороин.

Измерение смыва почвы по твердому стоку производилось путем отбора на водосливах срочных проб воды на мутность (объем 200—500 см³), отфильтровывания и взвешивания осадка, построения кривых расхода воды, ее мутности и расхода твердого стока и определения веса мелкозема путем подсчета площади, ограниченной кривой расхода твердого стока и осью абсцисс. К полученной величине прибавлялся вес наноса, отложившегося перед водосливом и в борозде перед нижним ограждающим валом. Наравне с термином «мутность» мы применяем в настоящей работе термин «концентрация твердого стока», или КТС, под которой понимается общее весовое количество мелкозема, переносимое во взвешенном и влекомом состоянии. Без этого термина трудно обойтись, например, при определении (расчете) среднего содержания смытого мелкозема (найденного путем замера водороин) в единице объема сточной воды, так как термин мутность в этом случае не подходит. Глубина и характер промерзания почвы определялись по наличию кристаллов льда и сопротивляемости комочков на излом, а также при помощи мерзлотометров МД-2, а влажность — общепринятым термостатно-весовым методом. Уровень верховодки в лесных полосах и на межполосных пространствах измерялся в специальных смотровых скважинах, пробуренных почвенным буром на глубину 3—5 м. Суммарное водопоглощение в лесной части комбинированных площадок находилось по формуле автора:

$$W = X_{\text{л}} + \frac{l_{\text{п}}}{l_{\text{л}}} (Y - Y_1) - Y, \quad (8)$$

где W — водопоглощение на лесной части площадки (мм), $X_{\text{л}}$ — запас снеговой воды на лесной части площадки (мм), Y_1 — сток с комбинированной площадки (мм), Y — сток с контрольной (полевой) площадки (мм), $l_{\text{п}}$ и $l_{\text{л}}$ — длина соответственно полевой и лесной частей комбинированной площадки (м) (длина может быть заменена площадью указанных частей площадки).

Все операции, связанные с закладкой стоковых площадок, измерением запасов снеговой воды, стока и смыва, определением влажности и проведением других сопутствующих полевых наблюдений и замеров, а также с камеральной обработкой материалов, подробно описаны в работе [148].

1. Подзолистые и серые лесные почвы

Весенний поверхностный сток на подзолистых почвах лесной зоны

Изучением формирования весеннего стока в лесной зоне занимались многие научно-исследовательские учреждения страны.

Первые исследования провел С. И. Небольсин на агрометеорологической станции в Собакино Наро-Фоминского района Московской области в период с 1922 по 1930 г. [107]. В дальнейшем формирование стока изучали на Валдайской возвышенности А. И. Решетников [119], П. А. Урываев [165] и др. (Валдайская научно-исследовательская гидрологическая лаборатория ГГИ), на Мещерской низменности А. А. Молчанов [101] (Институт леса АН СССР), в Звенигородском районе Московской области И. И. Жигалов [47] (Лаборатория водохозяйственных проблем АН СССР), в Серебряногородском районе З. А. Кузнецова [83] (Московская областная сельскохозяйственная опытная станция), в Загорском районе С. В. Басс [11, 12] (Институт географии АН СССР). Материалы, характеризующие влияние леса на сток талых вод, а также особенности стока на сельскохозяйственных угодьях, обобщены С. В. Бассом [12].

В результате анализа литературных данных по стоку талых вод с сельскохозяйственных угодий в подзоне смешанных лесов довольно отчетливо выявилось влияние механического состава почв на формирование стока. На песчаной почве Мещерской низменности, вспаханной под зябь, сток наименьший; за период 1946—1949 гг. он составил в среднем 15,3 мм при коэффициенте стока 0,10 [101]. На супесчаных почвах Валдайской возвышенности сток сильнее — за период 1951—1958 гг. он равнялся 23,2 мм, а коэффициент стока составил 0,19 [12]. На суглинистых подзолистых почвах сток с зяби намного больше: в Наро-Фоминском районе (Собакино) средняя его величина за период 1925—1930 гг. составляла 36,8 мм, а коэффициент стока 0,443 [107], в Звенигородском районе за период 1951—1952 гг. соответственно 93,7 мм и 0,80 [47] и в Серебряногородском районе за период 1951—1954 гг. — 55,3 мм [83]. Однако не все приведенные данные вполне сопоставимы, так как в большей части они относятся к разным периодам. Таким образом, ясно, что в подзоне смешанных лесов на почвах легкого механического состава весенний сток с зяби меньше, чем на суглинистых почвах. Сток с залежи на песчаных и супесчаных почвах также значительно меньше.

Влияние зяблевой пахоты на весенний сток выражается следующими показателями. За пятилетний период (1925—1930 гг.) средние величины стока с зяби и старого клеверища (включая 1927 г., озимь) на агрометеорологической станции в Собакино были почти одинаковы — соответственно 36,8 и 30,9 мм [107]. Некоторое превышение коэффициента стока на зяби по сравнению с залежью $K_{п}/K_{р}=0,93$ можно объяснить главным образом практиковавшейся тогда мелкой вспашкой. Средние величины стока с уплотненной пашни и зяби в период 1951—1954 гг. на стационаре в Серебряногородском районе [83] составили соответственно 73 и 55,3 мм, а отношение между ними 1,32. На стационаре в Звенигородском [47] районе средний

сток с разных видов пашни в период 1951—1953 гг. равнялся 92,4 мм, а отношение $K_{п}/K_{р}$ в 1952 г. составило 1,16. В Загорском районе [11] в 1958 г. $K_{п}/K_{р}$ равнялось 11. Для различных пунктов лесной зоны с дерново-подзолистыми почвами среднее отношение $K_{п}/K_{р}$ за рассмотренные годы равняется $1,22 \pm 0,42$ (без 1958 г.). В одиннадцати случаях из двенадцати оно было около единицы или значительно превышало ее.

Таким образом, сток с зяби на подзолистых суглинистых почвах в среднем несколько меньше, чем с уплотненной пашни. Но и на различных видах уплотненной пашни он неодинаков. Так, в экспериментах С. И. Небольсина (1927 г.), И. И. Жигалова (1953 г.), С. В. Басса (1963 г.) сток по клеверищу был намного меньше, особенно в первых двух случаях. На станции З. А. Кузнецовой сток с многолетних трав и озимых был приблизительно одинаковый, а со стерни намного больший.

Представляет интерес вопрос о водности различных вёсен в подзоне широколиственных лесов. Хотя имеющийся материал весьма ограничен, но поскольку показатели стока на различных сельскохозяйственных угодьях в большинстве случаев мало различаются между собой, по величинам стока на любом из них можно приблизительно судить о водности того или иного года. За период 1922—1930 гг. одна весна была с очень слабым стоком (1930 г.), одна со слабым и умеренным (1929 г.), две весны с умеренным и сильным (1925 и 1928 гг.) и пять вёсен с сильным стоком (1922, 1923, 1924, 1926 и 1927 гг.).

В последующие периоды 1951—1954 гг. и 1958—1961 гг. в районах с подзолистыми суглинистыми почвами преобладали вёсны с сильным, очень сильным и чрезмерно сильным стоком. В районах с песчаными и супесчаными почвами из 18 лет наблюдений три весны были с очень слабым стоком с зяби (или он отсутствовал), четыре весны со слабым, четыре с умеренным, три с сильным и четыре с весьма и чрезмерно сильным стоком (по залежи). Таким образом, на дерново-подзолистых суглинистых почвах подзоны смешанных лесов почти ежегодно, а на песчаных и супесчаных в большинстве вёсен формируется значительный или сильный сток на всех угодьях, включая зябь.

Весенний сток на серых лесных почвах лесостепи

На серых лесных почвах Центральной лесостепи весенний сток длительное время изучали на Новосильской агролесомелиоративной опытной станции ВНИАЛМИ Орловской области, а в последнее время также в некоторых колхозах Тульской и Курской областей. На Украине, в пределах Черниговской лесостепи, исследованием стока на серых лесных почвах многие годы занимались Придеснянская стоковая станция и Придеснянский опорный пункт Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации (УкрНИИЛХА). Рассмотрим эти данные.

На Новосильской АГЛОС режим стока снеговых вод изучался с 1923 по 1941 г. [74], а затем работы были прерваны Великой Отечественной войной и возобновились с 1958 г. Наблюдения над стоком в период с 1923 по 1941 г. проводились на водосборах площадью от 50 до 500 га. По данным А. С. Козменко и А. Д. Ивановского [74], величины стока с водосборов составляли в среднем 70—80 мм при максимуме 100 мм. Коэффициент стока колебался от 0,70 до 0,93, в среднем составляя 0,85. Максимальный модуль стока достигал 11 л/с с 1 га, а средняя его величина понижалась до 3 л/с. Максимальный суточный объем стока составлял в среднем 200 м³ с 1 га с колебаниями от 150 до 900 м³. На основании этих обобщенных данных не представляется возможным количественно охарактеризовать весенний сток с различных видов пашни. Однако можно полагать, что в довоенный период вследствие более мелкой пахоты, а также небольшого мелиоративного влияния еще молодых лесонасаждений средние значения весеннего стока были значительно выше, чем в настоящее время.

Рассмотрим фактические данные по стоку с различных сельскохозяйственных угодий Новосильской АГЛОС за период 1959—1970 гг. (Наблюдения над стоком проводили под руководством и при участии автора в 1959—1961 гг. В. Н. Дьяков, в 1962—1967 гг. В. Л. Сухов, Л. Я. Королева и Е. А. Гаршинев, в 1967—1970 гг. А. Т. Барабанов, Н. Е. Богулина и Е. А. Гаршинев.) Формирование стока изучалось на различных вариантах зяблевой пахоты, на озимых и других сельскохозяйственных угодьях (гребнистая вспашка производилась тракторным плугом, на один из корпусов которого привинчивали удлиненный отвал). В 1959 г. наблюдения над стоком проводили на 10 стоковых площадках, в 1960 и в последующие годы их число колебалось от 15 до 50 и больше.

Сведения о стоковых площадках, влагозапасах в снеге и показателях просачивания и стока за 1959—1961 гг. представлены в табл. 3. Рассмотрим эти данные по годам.

1958-59 г. Снежный покров начал формироваться с 26 ноября, однако в период с 13 по 28 декабря была глубокая оттепель с дождями (выпало 38 мм). Зима установилась в конце декабря, почва замерзла в переувлажненном состоянии. В дальнейшем частые зимние оттепели способствовали образованию поверхности ледяной корки, пятнами покрывавшей почву. Глубина промерзания почвы достигала 70—85 см. Все это обусловило формирование сильнейшего стока. Сток начался 25 марта и продолжался с различной интенсивностью до 12 апреля (19 дней).

Из табл. 3 следует, что в 1959 г. весенний сток на серых лесных почвах различной степени эродированности был очень и чрезмерно сильный; его величины на зяблевой пахоте при влагозапасах в снеге 121—166 мм колебались от 91 до 131 мм,

Таблица 3

Прорачивание и сток талых вод на серых лесных почвах Новосибирской АГЛОС (1959—1961 гг.)

Агротехнический фон	Смытость почв	Кругизна склона (град.)	Запасы воды в снеге + осадки весны (мм)	Пропусч- лость почвы (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1959 г. Почва серая лесная. Площадки 0,18—0,21 га (на озими 0,37 га), комбинированные — 0,27 га; склон северо-западный						
Вспашка полперек склона на 22—25 см (17 X)	Слабосмытая	2,5	124	33,0	91,0	0,734
То же, вдоль склона	"	2—2,5 2,5 3—3,5	135 166 131	37,2 35,0 22,4	97,3 131,0 108,6	0,724 0,790 0,829
Полперек склона на 14—16 см (15 IX)	Слабо- и среднесмытая	3—4,5	132 139	4,0 17,4	128,0 121,6	0,970 0,875
То же + боронование	Средне- и сильносмытая	3°	153	40,4	112,6	0,735
То же (с боронованием) + луговая полоса шириной 36 м	Средне- и сильносмытая	3—4	121 149	113,8+9,6 $p = \frac{8}{30} \%$ 34	0,75±0,02 $p = \frac{2}{71} \%$ 97,3	0,601 0,515 0,560 0,551
Вдоль склона на 22—25 см (5 XI)	Средне- и сильносмытая	3			0,804	
Средние для пахоты вдоль склона	Средне- и сильносмытая				0,772	
Озимая рожь						
Стерня овса с лопином						
1960 г. Почва темно-серая лесная; площадки 0,30—0,38 га (некоторые 0,24 га); склон западный						
Вспашка полперек склона на 21—22 см (10 VIII)	Слабосмытая	1,5	136	54,2	81,8	0,601
То же, гребнистая	"	1,5—2 2,5—3 2,5	141 131 135	68,4 57,7 60,6	72,6 73,3 74,4	
Средние для гребнистой пахоты	Сильносмытая	4,5	120	$p = 0,56\%$ $p = \frac{2}{53} \%$	$0,54+0,014$ $p = 0,448$	
Вспашка полперек склона на 21—22 см, гребнистая (по залежи)						

Вдоль склона на 21—23 см (10 VIII)	Слабосмытая	1,5	141	55,8	85,2	0,604
	Слабосмытая	1,5	141	57,5	83,5	0,592
	Слабо- и среднесмытая	2	113	37,1	75,9	0,671
				81,5 \pm 2,9	0,622 \pm 0,02	
То же (7 X)	Средне для пахоты вдоль склона			$p = 3,5\%$	$p = 2,28\%$	
	Очень слабосмытая	1—1,5	141	113,5	27,5	0,195
	Среднесмытая	2,5		67,2	47,8	0,416
	Сильносмытая	4,5—5	115	13,8	104,3	0,891
Средне для пахоты вдоль склона (10 VIII)	Слабосмытая	1,5	141	55,8	85,2	0,604
	Слабосмытая	1,5	141	57,5	83,5	0,592
	Слабо- и среднесмытая	2	113	37,1	75,9	0,671
				81,5 \pm 2,9	0,622 \pm 0,02	
Вспашка вдоль склона на 32—35 см (с почвоуглубителями)	Очень слабосмытая	1—1,5	141	113,5	27,5	0,195
	Среднесмытая	2,5		67,2	47,8	0,416
	Сильносмытая	4,5—5	117	13,8	104,3	0,891

Почва серая лесная

Пшеница по чистому пару	Среднесмытая	3,5	150	19,9	130,1	0,867
	Средне- и сильносмытая	3—4,5	157	54,2	102,8	0,655
	Сильносмытая	4,5	150	46,1	103,9	0,693
Пшеница по занятому пару	Среднесмытая	3,5	150	19,9	130,1	0,867
	Средне- и сильносмытая	3—4,5	157	54,2	102,8	0,655
	Сильносмытая	4,5	150	46,1	103,9	0,693

1961 г. Сумма осадков холодного периода (по дождемеру) 152 мм; почва темно-серая (зябь) и серая лесная (озимь); площадки 0,20 га; склон западный

Вспашка поперек склона на 20—22 см	Среднесмытая	2,5	33	25	8,0	0,242/0,053
	Сильносмытая	3,5	32	26,6	5,4	0,169/0,036
	Сильносмытая	2,5	30	15,2	14,8	0,493/0,097
		3—4	29	16,8	12,2	0,421/0,080
То же, вдоль склона	Гребнистая (поперек склона)	2,5	34	34	0	0
	Поперек склона на 32—35 см (с почвоуглубителями)	3,5	32	30,4	1,6	0,050/0,011
		2,5	32	30,2	1,8	0,056/0,012
То же, вдоль склона	Зябь, вспашка на 20—22 см + луговая полоса	3	34	33,1	0,9	0,026/0,006
	Озимая рожь	2,5	30	27,9	2,1	0,070/0,014
	Озимая рожь	3	32	27,0	5,0	0,156/0,032
		3	33	25,2	7,8	0,236/0,051
Зябь, вспашка на 20—22 см + луговая полоса	Среднесмытая	3	25	11,2	13,8	0,552/0,091
	Средне- и сильносмытая	4,5	20	8,3	11,7	0,585/0,071

а коэффициенты стока — от 0,72 до 0,79. Не вдаваясь пока в детали вопроса о влиянии на сток направления вспашки, отметим, что в условиях 1959 г. вспашка поперек склона не имела заметного преимущества перед продольной в задержании талых вод. На поздней зяби, несмотря на большую крутизну склона, большую смытость почвы и продольную вспашку, в почву проросло больше талой воды, чем на более ранней, а коэффициент стока был такой же, как и на пахоте поперек склона. На мелкой пахоте (15—18 см) коэффициент стока возрос до 0,829, а при ее бороновании в два следа показатели стока еще больше увеличивались. Луговая полоса в нижней части площадки шириной 36 м значительно снизила коэффициент стока (до 0,875).

На озимой ржи при таких же запасах снеговой воды сформировался больший сток, чем на нормальной зяби, но меньший по сравнению с мелкой заборонованной зябью. На стерне овса с люпином подпокровного посева 1958 г. коэффициент стока был приблизительно такой же, как на нормальной зяби, и меньше, чем на озимых. Здесь сказалось положительное влияние люпина, выразившееся в некотором иссушении почвы в осенний период и в отеплении ее. Соотношение $K_{\text{ш}}/K_{\text{р}}$ для сочетания озимые—зябь колебалось от 1,01 до 1,11, а для сочетания стерня (с люпином)—зябь от 0,97 до 1,07.

1959-60 г. Осень 1959 г. была засушливая, зима установилась в конце первой декады ноября. Однако в январе и феврале наблюдалась оттепель и почва дополнительном насыщалась влагой. Глубина ее промерзания в полях составляла 80—90 см и больше. Снеготаяние началось 27 марта и продолжалось на открытой местности до 13—14 апреля, т. е. 18—19 дней, а в лесных насаждениях до 22 апреля.

В 1960 г. весенний сток был очень сильный, хотя несколько слабее, чем в предыдущем году. Как правило, его величины на зяби превышали 80 мм, а коэффициент стока был больше 0,60. Как и в 1959 г., положительное значение пахоты поперек склона выявилось слабо, коэффициенты стока в том и другом вариантах на слабосмытой почве были практически одинаковые. При более сильной смытости почвы коэффициент стока на продольной пахоте был значительно больше (0,671 против 0,601). На гребнистой пахоте поперек склона в сходных условиях сток уменьшился по сравнению с обычной на 9,2 мм, а при расчете на одинаковые запасы снеговой воды — на 11,8 мм. На площадке, где распахана залежь, сток был почти на 20 мм меньше, чем на контроле.

Наибольшее уменьшение стока произошло на глубокой пахоте (32—35 см): при очень слабой смытости почвы он сократился здесь на 57,7 мм, а при средней на 37,4 мм (в расчете на одинаковые снегозапасы на 26,5 мм); резко уменьшились и коэффициенты стока. На мелкой пахоте (15—18 см), напро-

тив, показатели стока были намного выше, чем на нормальной (104,2 мм, коэффициент стока 0,89). Однако здесь и смытость почвы большая. Значительное влияние смытости почвы на увеличение стока отчетливо проявилось во всех вариантах зяблевой обработки. На поздней зяби в почву просочилось несколько больше талой воды, чем на ранней (57,5 мм против 55,8 мм), и коэффициент стока был меньше. Уменьшение весеннего стока на поздней пахоте можно объяснить тем, что почва здесь к началу зимы меньше заплывает под влиянием осадков, и поэтому ее инфильтрационная способность к началу снеготаяния сохраняется на более высоком уровне, чем в случае ранней вспашки. Однако это уменьшение несущественно.

Весенний сток с озимых в 1960 г. был намного сильнее, чем с зяби. На озимой пшенице, посаженной по занятому пару, он составил около 104 мм, а по чистому пару, несмотря на меньшую смытость почвы, около 130 мм. Последнее обстоятельство объясняется большей иссушенностью и меньшей влажностью почвы в занятом пару, а также повышенной рыхлостью ее после посева озимых. Луговая полоса шириной 36 м, как и в предыдущем году, способствовала значительному сокращению стока: его коэффициент уменьшился с 0,867 до 0,655. Это обстоятельство указывает на то, что на серых лесных почвах участки залужения с сильносмытыми почвами имеют определенное водопоглощающее значение. Отношение K_p/K_r в 1960 г. составило при сочетаниях озимые по чистому пару—зыбь 1,43 и озимые по занятому пару—зыбь 1,15. Однако почва под озимыми характеризуется несколько большей смытостью; при одинаковой смытости ее эти коэффициенты были бы несколько меньше.

1960-61 г. Осенне-зимний период 1960-61 г. был необычным для условий Центральной лесостепи. Осень была очень влажная, и почва сильно увлажнилась. Однако зима сложилась необычайно теплая с частыми продолжительными оттепелями, и осадки просачивались в почву. Промерзание было слабое (клёкая почва) на глубину не более 40—50 см. Весенне снеготаяние проходило в три этапа: 1) с 11 по 14 марта, когда полностью растаял весь снег; 2) с 18 по 20 марта растаял вновь выпавший снег; 3) 10 апреля завершилось таяние снега, выпавшего на оттаявшую сверху почву в первой декаде этого месяца; при этом стока почти не было.

Весенний сток в 1961 г. был небольшой, хотя частные коэффициенты его, рассчитанные по отношению к весенным запасам снеговой воды (числитель), довольно высокие. Сток со всех сельскохозяйственных угодий был слабый и очень слабый. Значение поперечной пахоты при нормальной ее глубине выявилось сильнее, чем в предыдущие годы. Глубокая вспашка (с почвоуглубителями) обусловила хорошее просачивание воды в почву и значительное сокращение стока (при средней степени смытости почвы на 4—5 мм, а при сильной на 7—9 мм). Сток

с гребнистой зяби был наименьший, что объясняется наложением сюда снежного шлейфа от лесной полосы (в условиях теплой зимы это сыграло важную роль в сокращении стока). На комбинированной площадке, включающей луговую полосу, сток был почти такой же, как и на чистой зяби. Это свидетельствует о том, что в 1961 г. сток с зяби и с участков луга был практически одинаковый. Сток с озимых был сильнее, чем с зяблевой пахоты поперек склона, и отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ составило 2,57—2,76.

1961-62 г. Гидрометеорологические условия зимнего периода этого года напоминают условия соответствующего периода предшествующего года. Зима была теплая, и почва несколько раз замерзала и оттаивала во время оттепелей, впитывая талую воду. В начале марта на обнаженных участках полей почва вновь промерзла; выпавшие затем осадки (около 22 мм) в значительной части пошли на сток.

Как видно из табл. 4, величины стока с зяби в разных условиях были различные. На участке с серой лесной почвой, находящемся под защитой прибалочной лесополосы, сток был наименьший — в среднем 2,5 мм (он колебался от 0,2 до 5,6 мм). Здесь нижние части площадок покрывались снежным шлейфом от лесополосы, предохранявшим почву от сильного промерзания во время мартовского похолодания, вследствие чего она сохранила способность хорошо впитывать подтекавшую талую воду. На зяблевой пахоте поперек и вдоль склона сток был практически одинаковый. На площадке с луговой полосой он несколько меньше, чем с чистой зяби. Находясь под защитой леса, луговая полоса накопила несколько больше снега, чем полевая часть площадок, и была защищена от промерзания. На стерне был умеренный сток.

На открытом склоне, куда не распространялось влияние лесных полос, слой стока с зяби был намного больше: при глубине вспашки 20—22 см и слабой смытости почвы он варьировал от 12,8 мм на гребнистой пахоте поперек склона до 19,6 мм на продольной; при средней степени смытости почвы, независимо от направления вспашки, сток составлял около 20 мм. Лишь на площадках с глубокой вспашкой сток намного уменьшился. На склоне с темно-серой лесной почвой при вспашке поперек склона на 20—22 см сток составлял около 7,3 мм, а на зяби с осенним боронованием в два следа он равнялся 20 мм, т. е. был почти в три раза больше. По глубокой пахоте 35—40 см сток был незначительный — 1,5 и 3,4 мм.

1962-63 г. Осень 1962 г. была относительно засушливая, но в первой декаде декабря в виде дождя выпало 7 мм, и вслед за этим установилась холодная погода; верхний горизонт почвы замерз, будучи в сильно увлажненном состоянии. Зима была очень холодной, без оттепелей. Почва промерзла на открытых склонах в среднем на 140—145 см, а местами до 165 см. Весна была поздняя, дружная (снеготаяние прошло в основном с 14

Таблица 4

Промывание и сток галых вод на серых лесных почвах Новосильской АГЛОС при их различной обработке (1962—1966 гг.)

Агротехнический фон	Степень смытости почвы	Кругизна склона (град.)	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Проходимость почвы (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1962 г. Сумма осадков холодного периода 165 мм. Почва серая лесная (под защитой лесной полосы).						
Площадки 0,19—0,21 га; склон северо-западный						
Вспашка поперек склона на 20—22 см (5)	Средне- и сильносмытая	3—4	24	21,5	2,5	0,10/0,02
То же, вдоль склона	Среднесмытая	2—3	24	21,8	2,2	0,09/0,01
Зябь+луговая полоса 36 м	Средне- и сильносмытая	3—4	35	34,4	0,6	0,02/0,004
Стерня (после вико-овса)	Среднесмытая	2—3	24	2,7	21,3	0,88/0,13
Почва серая лесная (открытое поле)						
Вспашка поперек склона на 20—22 см	Слабосмытая	1,5—2	22	6,4	15,6	0,71/0,09
То же, гребнистая	"	1,5—2	22	4,1	17,9	0,81/0,11
Вдоль склона на 20—22 см	Слабосмытая	1,5—2	22	9,2	12,8	0,58/0,08
	Слабо- и среднесмытая	2—2,5	22	2,4	19,6	0,89/0,12
	Среднесмытая	2—3	22	1,1	20,9	0,95/0,13
Гребнистая поперек склона на 20—22 см	Слабо- и среднесмытая	3—4	22	2,4	19,6	0,89/0,12
Гребнистая на 27—30 см	"	2—3	22	17,5	4,5	0,20/0,03
Вспашка с почвоуглубителями на 35—37 см вдоль склона	То же	2—3	22	11,2	10,8	0,49/0,07

Агротехнический фон	Степень смытости почвы	Крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Про- сочность почвы (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
Почва темно-серая лесная, склон западный						
Вспашка поперек склона на 20—22 см	Слабосмытая	2—3	22	14,7	7,3	0,33/0,04
То же+боронование	"	2	22	14,6	7,4	0,34/0,04
Вспашка на 23—25 см с почвоут- блением на 12 см	1,5—2	22	2,0	20,0	0,91/0,13	
То же, гребнистая	1,5—2	23	21,5	1,5	0,07/0,01	
	"	23	19,6	3,4	0,147/0,02	
1963 г. Сумма осадков холодного периода 131 мм. Почва темно-серая лесная (зябь) и серая лесная (охимь).						
Площадки 0,16—0,20 га, отмеченные звездочкой — 1,6—2,0 га						
Вспашка на 20—22 см (2)	Слабосмытая	1,7	115	56,8	58,2	0,506
То же, на 25—27 см	"	1,7	115	62,6	52,4	0,456
Вспашка на 20—22 см (4)	Средне- и сильносмытая	3	116	53,7	62,3 ⁺ 3,5	0,541
То же, на 25—27 см	То же	3	102	61,0	41,0 ⁺ 3,5	0,402
Охимь по черному пару (вспашка на 20—22 см (7))	Среднесмытая	3—3,5	139	59,8	79,2 ⁺ 7,7	0,570
Охимь по занятому пару (2)	Средне- и сильносмытая	2—4	122	54,6	67,4	0,552
Охимь, вспашка занятого пары на 30—35 см (3)	То же	2—4	129	75,1	53,9 ⁺ 5,5	0,418
Луг (залежь)	Сильносмытая	5,7	85	17,1	67,9	0,739
1964 г. Сумма осадков холодного периода 158 мм; почва серая лесная, площадки 0,49—0,96 га; склон западный						
Вспашка поперек склона на 20—22 см	Средне- и сильносмытая	3	118	66,7	51,3	0,435
То же		3	124	67,5	65,5	0,528

То же, на 30—35 см
Стерни

Вспашка поперек склона на 20—22 см	Сумма осадков холодного периода 115 мм: почва серая лесная; площадки 0,72—0,96 га; склон западный
Озимь (пшеница)	
	Слабосмытая
	Средне- и сильносмытая
	То же

1965 г. Сумма осадков холодного периода 115 мм: почва серая лесная; площадки 0,72—0,96 га; склон западный

Вспашка поперек склона на 20—22 см	Средне- и сильносмытая	3	86	84,2	1,8	0,021
	То же	2,5	108	107,3	0,7	0,006
То же, на 30—35 см	"	3	78	78,0	0	0

Почва темно-серая лесная; площадки 0,5 га

Вспашка вдоль склона на 20—22 см (2)	Средне- и сильносмытая	3	77	73	3,5	0,045
То же, без оборота пласта (2)	То же	3	83	80,7	2,3	0,028
Вспашка вдоль склона на 30 см (2)	"	3	84	81,7	2,3	0,027
То же, без оборота пласта (2)	"	3	83	81,6	1,4	0,017
Стерни (2)	"	3	105	102,4	2,6	0,025

П р и м е ч а н и я. 1. Здесь и в других таблицах цифра в скобках (первая графа) — число повторностей.
2. В 1966 г. в проведении опыта участвовал Т. Ф. Антропов.

по 22 апреля), что обусловило весьма бурное прохождение стока.

В вариантах со вспашкой на глубину 20—22 см сток составлял 58,2 мм (коэффициент стока 0,506) на слабосмытой почве и 62,3 мм (коэффициент 0,541) на средне- и сильносмытой. При вспашке на глубину 25—27 см сток равнялся соответственно 52,4 мм (коэффициент 0,456) и 41,0 мм (коэффициент 0,402). Таким образом, он был на 5,8—21,3 мм меньше, а при приведении к одинаковым влагозапасам в снеге на 5,8—15,7 мм меньше, или на 10,0—25,2%. На полях с озимой пшеницей, посевной по черному пару, сток был сильнее, чем на полях с пшеницей, посевной по занятому пару, превышение составляет 11,8 мм, а после приведения к одинаковым влагозапасам в снеге — 2,5 мм. Глубокая вспашка занятого пара (30—32 см) под посев озимых более резко сократила сток: он уменьшился на 14,5 мм, или, при приведении к одинаковым влагозапасам, на 16,4 мм. Самый большой коэффициент стока (0,799) наблюдался на старой сильно эродированной залежи, представляющей собой в настоящее время луг.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что весна 1963 г. была средней по водности. Тем не менее вода в р. Зуше в эту весну достигала наиболее высокой отметки за последние 20 лет (за исключением 1970 г.), затопив высокую пойму и отложив слой наноса толщиной до 7—10 см. Луговая растительность была погребена и лишь после высыхания и растрескивания наносного слоя стала пробиваться на дневную поверхность. Столь сильное половодье в р. Зуше, по-видимому, частично связано с высокой интенсивностью снеготаяния в ее бассейне; не исключено, что в других частях бассейна сформировался намного больший сток, чем в районе Новосильской станции.

Отношение K_p/K_r озимь—зябь при глубине вспашки 20—22 см равняется 1,11. Для случая с озимой пшеницей, посевной по глубоко вспаханному занятому пару, оно несколько меньше единицы (0,92).

1963-64 г. Поздняя осень была влажная (в ноябре выпало 70 мм осадков, в том числе в виде дождя 64 мм), и пахотный горизонт хорошо увлажнился. Зима установилась с 24 ноября и была холодная без оттепелей. С ноября по февраль выпало всего 65 мм осадков, а в марте 94 мм. Глубина промерзания почвы в открытом поле составляла около 60—75 см, а в некоторых пунктах достигала 110—120 см. Весна была затяжная и холодная, снеготаяние проходило с 26 марта до 18 апреля.

Несмотря на глубокое промерзание почвы, последняя, будучи умеренно увлажненной с осени, на участках зяби довольно хорошо впитывала талую воду. Этому способствовала затяжная и прохладная весна. Поэтому коэффициент стока с зяби был несколько ниже, чем в предыдущем году; однако величины стока на средне- и сильносмытой серой лесной почве были приблизи-

тельно такие же, как на темно-серой почве в 1963 г. В целом сток с зяби можно охарактеризовать как сильный; на стерне сформировался очень сильный сток. Отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ стерня—зябь равняется 1,75.

1964-65 г. Осень была засушливая, но в первой декаде декабря выпало в виде дождя 35 мм, и почва замерзла, будучи во влажном состоянии. Устойчивый снежный покров сформировался в третьей декаде декабря. Сумма осадков за холодный период (декабрь—март) составила 115 мм, причем в виде дождя во время оттепелей выпало 44 мм. Глубина промерзания почвы в полях колебалась от 65 до 100 см. К середине марта получила распространение ледяная корка толщиной 1,5—2 см на площади около 10%. Весеннее снеготаяние проходило с 14 марта по 24 апреля, сток талых вод наблюдался в два периода: с 21 по 31 марта и с 6 по 23 апреля.

Коэффициенты стока с зяби и озимых весной 1965 г. были очень высокие, около 0,7—0,8 (табл. 4), однако слой стока из-за сравнительно небольших запасов снеговой воды был значительно меньше, чем в предыдущие два года. Он колебался в зависимости от снегозапасов в широких пределах, тем не менее его можно характеризовать как сильный. Отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ озимые—зябь равняется 1,7.

1965-66 г. Гидрометеорологические условия холодного периода 1965-66 г. были необычные. Ноябрь был холодным, а декабрь очень теплым и дождливым. Лишь в первой декаде января на талой почве сформировался снежный покров, предохранивший ее от глубокого промерзания в дальнейшем. Всего за период декабрь—март выпало 180 мм осадков. К началу весеннего снеготаяния, которое проходило во второй половине февраля и в начале марта, почва на полях с зяблевой пахотой промерзла слабо, лишь пятнами; на озимых глубина ее промерзания местами достигала 30—40 см. Снеготаяние проходило с малой интенсивностью при пасмурной прохладной погоде; оно несколько раз прерывалось вследствие похолодания. Сток с зяби отсутствовал или был очень слабый, не более 3,5 мм (табл. 4), а на стерне равнялся 2,6 мм.

Остановимся на характеристике просачивания и стока за 1967—1970 гг. (табл. 5). Здесь приводятся лишь средние показатели для зяби и уплотненной пашни.

1966-67 г. Осенью за период сентябрь—ноябрь выпало в виде дождя и мокрого снега 183 мм осадков, и почва ушла в зиму в сильно увлажненном состоянии; в декабре—марте их выпало 132 мм. Зимой холодная погода прерывалась сильными оттепелями, что способствовало закупорке льдом почвенных пор и образованию поверхностной ледяной корки; глубина промерзания почвы достигала 90 см. Все это обусловило слабое впитывание талых вод и формирование сильнейшего стока. Из табл. 5 видно, что сток талых вод с зяби в этом году варьировал

Таблица 5

Просачивание и сток талых вод на серых лесных средне- и сильносмытых почвах Новосильской АГЛОС в 1967—1970 гг. (площадки 0,18—0,21 га)

Агротехнический фон	Крутизна склона (град.) и экспо- зиция	Запасы воды в снеге + осад- ки весны (мм)	Просо- чилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффи- циент стока
1967 г.					
Зяблевая вспашка на 20—25 см	3; 3—С3 2,5—3; 3	192 196	42,4 47,0	149,6 149,0	0,780 0,760
То же (почва темно-се- рая)	2,5—3	170	30,2	139,8	0,822
Озимые	2,5—3; 3	133	0	133	1,0
1968 г.					
Зяблевая вспашка	2—3; 3—ЮЗ 2—3; С—3 2—3; Ю—3	156 173 179	156 172,1 179	0 0,9 0	0 0,005 0
Многолетние травы	2—3; С—3 и Ю—3	145	118,9	26,1	0,180
1969 г.					
Вспашка поперек скло- на на 22—25 см	2—2,5; С—С3	77	48,3	28,7	0,371
То же, на 25—27 см	2—3; Ю—3 и С—3	56	33,9	22,1	0,395
То же, 22—25 см (поч- ва темно-серая)	2—3; 3	52	37	15,0	0,288
Многолетние травы	2—3; С—3	80	29,2	50,8	0,629
1970 г.					
Вспашка поперек скло- на на 25 см	2—3; С—3 2—3; Ю—В	196 189	110 120	86,0 79,0	0,439 0,413
Многолетние травы	2—3; С—3 2—3; Ю—В	220 223	120 135	100,0 88,0	0,455 0,389

в пределах 140—150 мм, а коэффициент стока от 0,760 до 0,822. Коэффициент стока на озимых был около 1,0. Отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ равнялось 1,27.

1967-68 г. Осень была сухая и теплая, а зима многоснежная и холодная, без оттепелей. Установление морозной погоды совпало с формированием снежного покрова, поэтому иссушенная почва на многолетних травах и озимых промерзла слабо и на небольшую глубину, а на полях с зяблевой пахотой была преимущественно талая, что способствовало хорошему поглощению

тальных вод. Сток с зяби весной 1968 г. практически отсутствовал, а с многолетних трав (и также с озимых) был преимущественно умеренный при небольших коэффициентах стока.

1968-69 г. За период сентябрь—ноябрь сумма осадков составила 115 мм, в декабре были оттепели и снег частично стаял. Зима была холодная и малоснежная, лишь в середине февраля выпало 29 мм осадков и столько же в середине марта; при этом сильные ветры сносили снег в гидрографическую сеть и в лесные полосы. Промерзание почвы было глубокое (до 182 см) при значительном увлажнении пахотного горизонта; местами образовалась поверхностная ледяная корка. В период весеннего снеготаяния на участках с зяблевой пахотой в почву впиталось значительное количество снеговой воды и сток был умеренный. Он колебался здесь в зависимости от влагозапасов в снеге и других факторов от 15 до 29 мм, а коэффициент стока — от 0,288 до 0,395. Сток с многолетних трав был сильный. Отношение K_p/K_{pl} равнялось 1,80.

1969-70 г. В ноябре выпало преимущественно в виде дождя 70 мм осадков. Зима до половины января была неустойчивой, с частыми оттепелями и осадками в виде снега и дождя, что обусловило дополнительное увлажнение почвы. В дальнейшем до начала весеннего снеготаяния стояла холодная погода, и увлажненная почва промерзла до 137 см; на ее поверхности местами образовалась ледяная корка. Весна была поздняя, снеготаяние проходило с высокой интенсивностью, и на пашне из-за больших запасов снеговой воды отмечался очень сильный сток при умеренных коэффициентах стока. Так, на зяблевой пахоте двух противолежащих склонов в урочище Слобода сток варьировал в пределах 79—86 мм и больше, а коэффициенты стока — в пределах 0,413—0,439; на многолетних травах соответственно 88—100 мм и 0,389—0,455. Отношение K_p/K_{pl} было около 1,0 (0,99), что характерно для лет с неустойчивой зимой.

Подведем итоги изложенному. В табл. 6 представлены осредненные данные о влагозапасах в снеге, просачивании и стоке тальных вод на зяблевой пахоте и на уплотненной пашне. Принимая во внимание, что разница в стоке с зяби при вспашке по-перек и вдоль склона небольшая, будем характеризовать сток на ней в целом.

В 1967 г. наблюдался чрезмерный, а в 1959, 1960 и 1970 гг. очень сильный сток со всех сельскохозяйственных угодий; в период 1963—1965 гг. он был сильный и лишь с уплотненной пашни в 1964 г. очень сильный; в 1969 г. сток с зяби был умеренный, а с уплотненной пашни сильный, в 1961 и 1962 гг. с зяби он был соответственно слабый и очень слабый, а с уплотненной пашни умеренный и слабый; в 1966 и 1968 гг. на зяблевой пахоте весенний сток отсутствовал или был очень слабый, а на уплотненной пашне в 1968 г. умеренный. Таким образом, семь лет было с весьма сильным и сильным половодьем, один

Таблица 6

Осредненные показатели стока талых вод на серых лесных почвах
Новосильской АГЛОС

Год	Зябь, глубина пахоты 20—25 см (в отдельных случаях до 27 см)			Уплотненная пашня (озимь, стерня, многолетние травы)		
	средние за- пасы снеговой воды (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	средние за- пасы снеговой воды (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
1959	146	108,1	0,738	135	106,2	0,787
1960	136	81,5	0,600	150	117,0	0,780
1961	32 (163)	6,7	0,209/0,041	22	12,3	0,557/0,079
1962	22 (166)	12,6	0,572/0,076	23	20,7	0,90/0,128
1963	116	61,0	0,526	115	71,5	0,622
1964	121	58,4	0,481	113	91,4	0,809
1965	70	50,6	0,723	60	46,3	0,772
1966	77 (180)	3,5	0,045/0,019	105	2,6	0,027/0,014
1967	186	146,1	0,785	133	133,0	1,0
1968	169	0,3	0,002	145	26,1	0,180
1969	66	23,7	0,359	80	50,8	0,629
1970	192	82,5	0,430	221	94,0	0,425
Средние за- период	111 (142)	52,9	0,456/0,398	109 (139)	64,3	0,624/0,519

Примечания: 1. В скобках показаны суммы осадков холодного периода, учтенные по осадкометру, и средние величины влагозапасов, где участвуют указанные суммы осадков.

2. В этой и в других сводных таблицах средний коэффициент стока вычислен как среднее из годовых коэффициентов.

год с умеренным и сильным, два года со слабым и два года с очень слабым. Средняя за период величина стока с обычной зяби равна 52,9 мм, а с уплотненной пашни 61,6 мм.

На рис. 5 представлены кривые обеспеченности стока на серых лесных почвах, построенные по данным за 12 лет. На кривой для зяби видно, что сток 70%-ной обеспеченности превышает 18 мм (три раза за 10 лет он был меньше 18 мм), а сток 60%-ной обеспеченности превышает 47 мм. Столь крутой перегиб на кривой свидетельствует о том, что в среднем 3 года за 10-летие гидрометеорологические условия определяют резкое уменьшение стока с зяби. Сток, обеспеченный на 30%, превышает 75 мм. Кривая для уплотненной пашни проходит более плавно, однако и она показывает, что три года за 10-летие резко отличаются по условиям формирования стока: в эти годы он намного меньше.

Обозревая другие положения, вытекающие из анализа изложенных материалов, отметим, что слабый и очень слабый сток на серых лесных почвах наблюдается в годы, когда снежный покров ложится в основном на талую почву и зимний

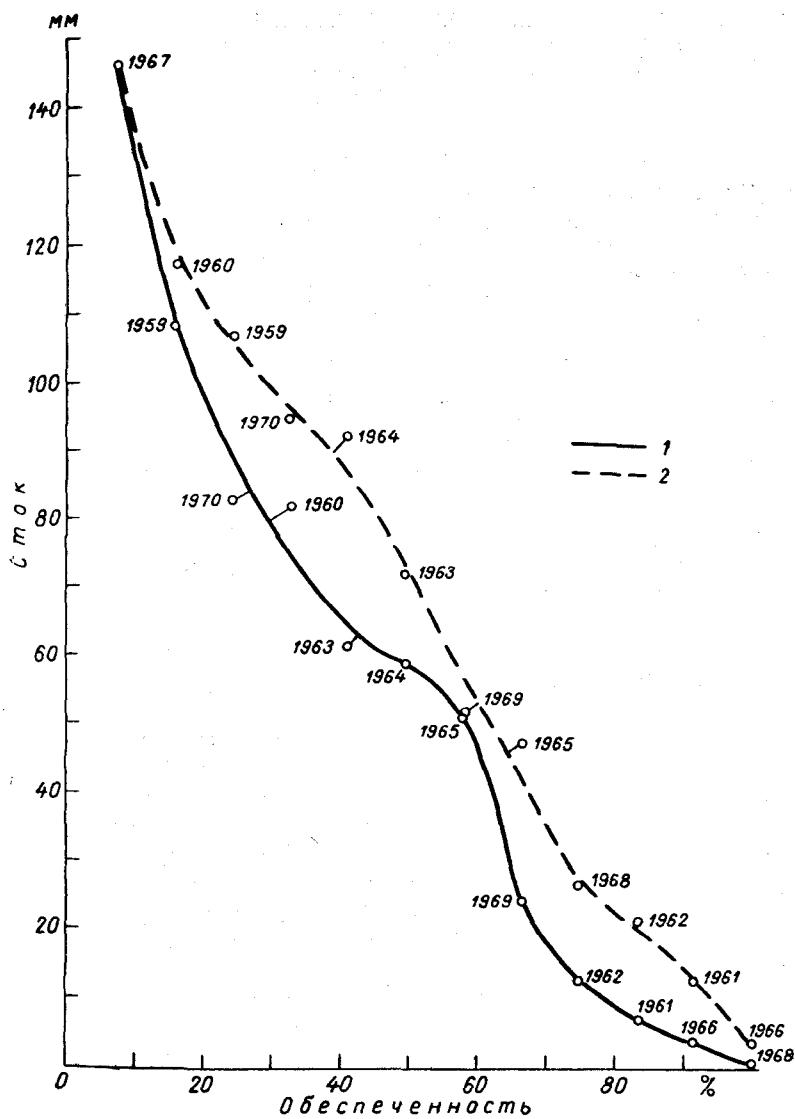


Рис. 5. Кривые обеспеченности стока на серых лесных почвах (Новосильская АГЛОС ВНИАЛМИ).

Сток: 1 — с зяби, 2 — с уплотненной пашни.

период характеризуется повышенной температурой по сравнению с нормой, а также в годы с сухой осенью и холодной зимой без оттепелей.

В ходе исследований выявилось, что в многоводные годы по мере увеличения влагозапасов в снеге слой стока, а в ряде случаев и коэффициент стока при прочих равных условиях увеличивается. Пахота поперек склона незначительно сокращает сток по сравнению с продольной; гребнистая же пахота (проводимая плугом с удлиненным отвалом на втором или третьем корпусе) уменьшает его на 8—12 мм. Поздняя зяблевая вспашка способствует несколько лучшему просачиванию талой воды и уменьшению стока. Осеннее боронование зяби в два следа, сопровождающееся уплотнением поверхности пашни, приводит к значительному увеличению коэффициента стока (до 17%). Отношение $K_{п}/K_p$ в среднем равняется 1,37.

На озимых, посевных по черному пару, значения коэффициента стока выше, чем на озимых, идущих по занятому пару, а также на стерне и участках залужения. Залуженная полоса в нижней части склона, примыкающая к опушке леса, существенно уменьшает сток. Так, в 1959 г. коэффициент стока сократился на 9,8%, а в 1960 г. на 24,5%; в маловодные 1961 и 1962 гг. уменьшение было незначительным. Все это указывает на то, что полосы залужения в присетевой части склона, окаймленные лесными опушками, можно рассматривать как водорегулирующие.

Согласно довоенным исследованиям Новосильской станции, ежегодный смыг серых лесных почв составлял в среднем 5—6 т мелкоzemса с 1 га. В период 1959—1970 гг. он сильно варьировал по годам в зависимости от конкретных местных условий.

В 1959 г. смыг на стоковых площадках с зяблевой пахотой поперек склона (уклон 2,5°), учтенный замером водородин, колебался от 1,4 до 5,8 м³/га, а за пределами площадок в средней части склона 2,5—3° составлял 7,1 м³/га. На поле с озимой рожью он также изменялся в широких пределах — от 0,3 м³/га (уклон 3°) до 12,7 м³/га (уклон 3,5—4°). На стерне с люпином смыг был небольшой. В 1960 г. вынос почвы с зяби на склоне 2,5°, учтенный по твердому стоку, находился в пределах 1,7—2,9 т/га, а с озими при уклоне 4—6° равнялся 2,5 т/га. В 1961, 1962, 1966 и 1968 гг. с небольшим стоком и без стока смыг, естественно, практически отсутствовал или был незначительный. В 1967 г. наблюдался наибольший смыг. На седьмом поле, например, на семи стоковых площадках с зяблевой пахотой он варьировал от 8 до 24 м³/га (учтен по водородинам), а в среднем равнялся 15,5 м³/га; на другом участке поля на восьми площадках он колебался в пределах 2,4—13,9 м³/га при средней величине 8,4 м³/га и на восьмом поле соответственно 2,9—22,3 и 12,3 м³/га. На одном из склонов (крутизна 2,5—3°), где смыг на стоковых площадках определяли двумя методами (А. Т. Ба-

рабанов), при замерах водорозон он составил 7,2 и 12,5 м³/га, а по твердому стоку соответственно 0,42 и 0,71 т/га. В 1969 г. смыв почвы с зяби на стоковых площадках при замерах струйчатых размывов находился в пределах 0,3—2 м³/га, а по твердому стоку 0,11—0,53 т/га; в 1970 г. соответственно 1,8—3,3 м³/га и 0,76—1,02 т/га. (В дальнейшем еще неоднократно придется сталкиваться с таким положением, когда при учете смыва по первому методу он намного больше, чем по второму.)

Средняя мутность сточной воды варьировала в 1967 г. от 0,8 до 2,0 кг/м³ (наибольшая достигала 11,4 кг/м³), в 1969 г.—от 1,1 до 3,1 кг/м³ (наибольшая 6,4 кг/м³) и в 1970 г. от 0,7 до 2,1 кг/м³ (наибольшая 18,0 кг/м³). Количество снеговой воды, практически выносившей почву (содержащей взмученные частицы), составляло в 1967 г. 55—68%, а по отношению к влагозапасам в снеге 23—52%, в 1969 г. соответственно 46—70 и 22—60% и в 1970 г. 29—47 и 9—27%. Колебания связаны главным образом с характером распределения снега на стоковых площадках и с последовательностью его схода: при большей мощности снежного покрова в нижней их части доля сточной воды, выносящей почву, уменьшается, при меньшей его мощности, наоборот, увеличивается.

Исследования весеннего стока на серых лесных почвах УССР

Рассмотрим данные Придеснянской стоковой станции и Придеснянского опорного пункта УкрНИИЛХА, характеризующие поверхностный сток снеговых вод на серых лесных почвах Черниговской лесостепи. Материалы стоковой станции обобщены в работе Л. Г. Онуфриенко [110]. Результаты многолетних наблюдений над стоком на водосборе р. Головесни представлены в табл. 7. Водосбор характеризуется следующими показателями: площадь 29,5 км², длина тальвега 12 км, средняя ширина водосбора 3 км, средний уклон тальвега 0,26°, пашней занято 70%, лугом 28%, лесом 2%. В довоенные и первые послевоенные годы под зяблевой пахотой находилась сравнительно небольшая площадь, а глубина основной вспашки была значительно меньше, чем в настоящее время. Еще в 1951 г. зябь пахали на 18—20 см.

Из 25 лет наблюдений наиболее многоводными, с чрезмерно большим стоком, были весны 1932, 1937, 1940, 1941, 1947, 1951 и 1956 гг. (всего семь весен). Они повторялись за указанный период в среднем один раз в 3,5 года или почти три раза в 10 лет; в некоторые другие годы коэффициенты стока были очень высокие (1934, 1935, 1949, 1953), но слой стока был намного меньше. Очень сильный сток наблюдался в 1946 и 1953 гг. Десять весен было с сильным стоком, четыре с умеренным и лишь две со слабым. Можно полагать, что с повышением культуры земледелия и надлежащим окультуриванием почв весенний сток с зяби на серых лесных почвах может быть резко

УДК 633.722.2

Таблица 7
Значение весеннего стока на водосборе р. Головесни [110]

Год	Запас воды в снеге + осадки за период половодья (мм)	Сток		Год	Запас воды в снеге + осадки за период половодья (мм)	Сток	
		мм	коэффициент стока			мм	коэффициент стока
1930	115	61	0,53	1946	—	84	—
1932	—	148	—	1947	—	216	—
1933	130	71	0,55	1948	—	33	—
1934	80	63	0,78	1949	77	76	0,99
1935	78	55	0,71	1950	116	55	0,47
1936	87	40	0,46	1951	142	125	0,88
1937	158	133	0,84	1952	97	46	0,47
1938	106	38	0,36	1953	93	82	0,88
1939	—	22	—	1954	139	74	0,53
1940	163	143	0,88	1955	185	66	0,36
1941	148	114	0,77	1956	170	127	0,75
1944	—	20	—	1957	31	15	0,48
1945	—	72	—	Среднее		77	0,66

сокращен в годы, аналогичные по своим гидрометеорологическим условиям тем, которые характеризовались умеренным и сильным стоком на рассматриваемом водосборе. В маловодные годы сток с зяби вообще может быть сведен до минимума.

В табл. 8 приводятся материалы Придеснянского опорного пункта за десятилетний период [35]. Почва стационара — серый лесной песчанисто-пылеватый суглинок — средне- и сильносмытая. Сток изучался на стационарных стоковых площадках размером $100 \times 25 = 2500 \text{ м}^2$. Крутизна склона $6-12^\circ$. Используя сведения А. И. Гончара о том, что в период 1949—1952 гг. средняя мощность снежного покрова на пахоте вдоль склона составляла 18,6 см, а на стерне 24,7 см, и приняв плотность снега на зяби

Таблица 8

Коэффициенты стока с сельскохозяйственных угодий на Придеснянском опорном пункте за период 1947—1956 гг.

Агротехнический фон	Коэффициент стока	$K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$
Зяблевая пахота поперек склона	0,280	—
То же, вдоль склона (1949—1952 гг.)	0,447	—
Стерня (1949—1952 гг.)	0,517	1,85
Стерня с люпином подпокровного посева	0,120	0,43
Озимые	0,543	1,94
Многолетние травы	0,510	1,82
Естественный травостой	0,740	2,64

равной 0,35, а на стерне 0,33, можно подсчитать средний слой стока. На зяби в этом случае он равен 36,4 мм, а на стерне 52,2 мм.

Из табл. 8 видно, что коэффициент стока с зяблевой пахоты, если не принимать во внимание стерню с люпином, был значительно ниже, чем с уплотненной пашни. На участке с естественным травостоем он наибольший.

Примечательно, что на участках со стерней наличие люпина подпокровного посева способствовало довольно резкому сокращению стока, даже по сравнению с зяблевой пахотой. Это обстоятельство, а также хорошая защита почвы от эрозии в период снеготаяния и высокие достоинства люпина как сидерата, обеспечивающего повышение урожая последующей культуры, дали возможность А. И. Гончару рекомендовать на более крутых склонах весновспашку.

На основании изложенных материалов по проблеме стока талых вод на серых лесных почвах Центральной и Черниговской лесостепи можно сделать некоторые общие заключения. Прежде всего отметим, что в указанных районах при современной агротехнике как на зяблевой пахоте, так и на уплотненной пашне в большинстве вёсен формируется сильный и очень сильный сток. Напомним, что на Новосильской АГЛОС за последние 12 лет семь вёсен характеризовались сильным и очень сильным стоком с зяби. Хотя приведенные материалы исследований по Центральной и Черниговской лесостепи относятся к разным периодам и по последнему району мы не располагаем достаточными сведениями о стоке с зяби по годам, тем не менее имеются основания к тому, чтобы распространить вышеприведенную характеристику и частоту повторения лет с различной водностью и на этот район. Исходя из факта, что период 1947—1956 гг. в целом характеризуется большей водностью, чем 1959—1970 гг., мы приходим к заключению, что на серых лесных почвах Черниговской лесостепи сток несколько меньше (особенно с зяби), чем на таких же почвах Орловской области.

2. Черноземы

8

Сток, формирующийся на черноземах, намного слабее, чем на серых лесных почвах, особенно на полях с зяблевой пахотой. Это объясняется более благоприятными водно-физическими свойствами черноземов, а в более южных районах также и большей сухостью климата.

Материалы, характеризующие сток на оподзоленных черноземах Орловской области, имеются лишь за три года. На оподзоленных и выщелоченных черноземах Курской области, начиная с 1959 г., исследования проводят Курская зональная опытно-мелиоративная станция (КЗОМС) ВНИИГИМ и гидрологическая группа Института географии АН СССР. Длительное время

сток изучается на обычновенных черноземах Каменной степи Воронежской области, в Куйбышевском и Саратовском Заволжье. Имеются данные по Ростовской области. Указанные районы имеют свои особенности прежде всего в климатическом отношении, поэтому рассмотрим материалы стока по Центрально-черноземному району, Югу и Заволжью в отдельности.

Весенний сток на оподзоленных и выщелоченных черноземах Центральной лесостепи

Г. А. Харитонов [169] изучал условия формирования и показатели стока на оподзоленном тяжелосуглинистом черноземе Орловской области в 1937—1940 гг. (табл. 9).

Таблица 9

Показатели стока на оподзоленных черноземах Моховского опытного лесничества [169]

Агротехнический фон	Крутизна (град.) и экспозиция склона	Запас воды в снеге (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Модуль стока (л/с с 1 га, сред/макс.)
1938 г.					
Зяблевая пахота	3; В 2,3; 3	128 148	1 0,15	0,006 0,001	—
1939 г.					
Зяблевая пахота	3; В 2,3; 3	122 116	38 31	0,31 0,27	0,64/5,84 0,29/5,07
Озимь	4; 3	106	82	0,76	0,93/7,96
1940 г.					
Зяблевая пахота вдоль склона	2,3; 3	164	49	0,30	0,47/6,70
Зябь 50%, посев коксагыза 50%	3; В	126	55,5	0,44	0,65/6,96
Зябь, пахота вдоль склона	4; 3	139	81	0,58	1,02/8,85

Зима 1937-38 г. была теплая, и почва промерзла неглубоко; весна характеризовалась длительным равномерным снеготаянием. Поэтому весеннего стока с зяби в 1938 г. практически не было. Весной 1939 г. сформировался довольно сильный сток. Резкое похолодание в начале зимы обусловило глубокое промерзание почвы, а сильная оттепель с дождями в феврале и последующие морозы вызвали образование ледяной корки на значительной площади. На склонах крутизной 2,3—3° со среднесмытой почвой под защитой лощинного леса сток с зяби и озимых был умеренный, а на склоне 4° с сильносмытой почвой

при отсутствии балочного леса — очень сильный; максимальный модуль стока достигал здесь 8 л/с. В 1940 г. с влажной предшествующей осенью сток с полевых участков был приблизительно такой же, как и в 1939 г.

В данных Г. А. Харитонова обращает на себя внимание отсутствие резкой разницы в показателях стока (в сходных условиях) с зяби и озимых, что нетипично для черноземов. Это, по-видимому, связано с мелкой зяблевой пахотой (15—18 см), которая широко практиковалась в тот период. Влияния экспозиции склона на сток не выявилось. Большое превышение стока на безлесном склоне (угол 4°) по сравнению с его показателями на склоне с лесом (угол 2,3—3°) связано, с одной стороны, с отсутствием здесь леса, а с другой — с большей смытостью почвы.

В табл. 10 приводятся осредненные нами данные Курской КЗОМС (находится в Льговском районе) за 1962—1964 гг. [2, 21], которые характеризуют сток с различной зяби, многолетних трав и озимых. Почва — оподзоленный тяжелосуглинистый чернозем.

Таблица 10

Средние показатели стока на оподзоленном черноземе Курской ЗОМС

Агротехнический фон	Запасы воды в снеге и ледяной корке (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Автор
1962 г.				
Зяблевая пахота	44	18,8	0,42	П. И. Аксенов [2]
Многолетние травы	57	42,0	0,74	То же
1963 г.				
Зяблевая пахота	85	54,3	0,60	П. И. Аксенов [2]
	58	27,6	0,51	Э. Д. Введенская [21]
Озимь	55	48,5	0,81	То же
1964 г.				
Зяблевая пахота	78	4,3	0,06	Э. Д. Введенская [21]

П. И. Аксенов отмечает, что зимой 1961-62 г. наблюдалась частые оттепели, приводившие к таянию снега, сильному увлажнению верхнего 30-сантиметрового слоя почвы и образованию ледяной корки. Слой стока с различной зяби в этом году варьировал от 16 до 22 мм, а в среднем равнялся 18,8 мм

(коэффициент стока 0,42). На многолетних травах он составил 42 мм. Зима 1962-63 г. отличалась сухостью, и почва промерзла до 115—120 см. Кратковременные оттепели в феврале и в марте обусловили формирование почти сплошной ледяной корки. Этот год был более многоводный.

Средний сток на различных вариантах зяблевой обработки на объекте П. И. Аксенова равнялся 54,3 мм при коэффициенте стока 0,60. На площадках Э. Д. Введенской он был значительно меньше (27,6 мм), главным образом вследствие меньших запасов снеговой воды; но коэффициенты стока близки между собой. На озимых коэффициент стока намного больше, чем на зяби. 1964 г. был маловодный, сток с зяби в среднем равнялся 4,3 мм при коэффициенте 0,06. По сообщению П. И. Аксенова, 1961 г. был очень маловодный. Средняя мутность воды в 1962 г. варьировалась в зависимости от уклона от 0,72 до 3,55 кг/м³, а в 1963 г.—от 1,14 до 4,89 кг/м³.

Рассмотрим средние данные по стоку и смыву Института географии АН СССР, полученные на Курском стационаре (табл. 11). Стационар расположен на землях Центрально-черноземного заповедника и Курской сельскохозяйственной опытной станции. Почвенный покров представлен преимущественно мощным выщелоченным черноземом. Сток учитывался объемным способом с одновременным отбором проб на мутность. Материалы опубликованы в работах [37, 38, 175].

Таблица 11

Средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни на выщелоченном черноземе Курского стационара [38, 175]

Год	Зябь			Озимые, стерня		
	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
1959	47	28,0	0,596	53	45,0	0,849
1960	116	58,5	0,504	135	113,0	0,837
1961	15	0,2	0,013	8	6,3	0,788
1962	38	17,0	0,440	45	14,5	0,322
1963	113	29,5	0,260	141	96,1	0,680
1964	174	59,0	0,340	166	118,2	0,710
1965	91	27,4	0,300	99	65,5	0,660
1966	53	2,1	0,04	120	49,0	0,410
1967	178	89,0	0,500	179	141,2	0,790
1968	126	3,9	0,023	185	89,7	0,485
1969	65	32,2	0,509	128	75,1	0,585
Средние за период	92	31,5	0,320	114	74,0	0,647

$$K_{\Pi}/K_p = 2,02$$

Из табл. 11 видно, что в 1967 г. на зяби сформировался очень сильный сток, в 1960 и 1964 гг. сильный, в 1959, 1963, 1965 и 1969 гг. умеренный при довольно высоких коэффициентах стока (особенно в 1959 и 1969 гг.), в 1962 г. слабый и в 1961, 1966 и 1968 гг. очень слабый или отсутствовал вовсе. На уплотненной пашне за период наблюдений очень и чрезмерно сильный сток формировался пять лет (1960, 1963, 1964, 1967 и 1968 гг.), сильный четыре года (1959, 1965, 1966, 1969 гг.) и очень слабый и слабый лишь два года, соответственно в 1961 и 1962 гг. Распределение вёсен рассмотриваемого периода по водности напоминает таковое на Новосильской АГЛОС Орловской области с той лишь разницей, что на стационаре Института географии сток с зяби в большинстве вёсен был меньше, а с уплотненной пашни больше. Среднее отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ равняется 2. А. М. Грин и Е. П. Чернышев, проанализировав это соотношение для озимых и стерни, пришли к выводу, что на стерне коэффициент стока в среднем меньше, хотя по годам отношение колеблется в ту и другую сторону около единицы.

Представляют значительный интерес данные Грина и Чернышева по смыву почвы. Мутность, или точнее концентрация твердого стока (КТС), на зяби была небольшая: среднее ее значение в 1959 г. равнялось $2,53-3,25 \text{ кг}/\text{м}^3$, в 1960 г. — $0,68-1,14 \text{ кг}/\text{м}^3$, в 1962 г. — $3,93$, а в 1963 и 1964 гг. было еще ниже; максимальное значение не превышало $7,5 \text{ кг}/\text{м}^3$. Можно заметить тенденцию к уменьшению мутности по мере увеличения запасов снеговой воды и стока; так, в целом мутность весной 1960 г. была ниже, чем в 1959 г.

Средняя мутность, характеризующая интенсивность выноса мелкозема, при уклонах около 2° не превышала $9,62 \text{ кг}/\text{м}^3$, в других случаях она колебалась от $2,32$ до $6,06 \text{ кг}/\text{м}^3$ или была еще ниже. Максимальная мутность достигала $46,3$ и даже $56,6 \text{ кг}/\text{м}^3$. В период 1965—1968 гг. средняя мутность сточной воды на зяби колебалась от 0 (1966 г.) до $1,38 \text{ кг}/\text{м}^3$, а в 1969 г. составляла $3,29 \text{ кг}/\text{м}^3$; в этом году вынос мелкозема с зяби достигал $1060 \text{ кг}/\text{га}$, с озимых $1933 \text{ кг}/\text{га}$ (при средней мутности $5,68 \text{ кг}/\text{м}^3$) и со стерни $1035 \text{ кг}/\text{га}$ (средняя мутность воды $2,68 \text{ кг}/\text{м}^3$).

Знание характеристик мутности позволяет более точно определять величины смыва. Дело в том, что в литературе нередко приводятся громадные цифры смыва, явно не вяжущиеся с величинами стока. В целях оценки реальной интенсивности смыва такие данные нуждаются в пересмотре и уточнении.

Весенний сток на черноземах степного центра и юга

Изучение стока талых вод на обычновенных черноземах длительное время проводили в Каменной степи Воронежской области. Поверхностный сток здесь начала изучать экспедиция В. В. Докучаева в 1893 г. В дальнейшем эти работы продолжали

лись Каменностепной станцией и затем Гидрометобсерваторией «Каменная Степь» в содружестве с Научно-исследовательским институтом черноземной полосы им. В. В. Докучаева. Начиная с 1950 г. наряду с изучением стока на водосборах лощин и суходолов стали широко использовать также стоковые площадки и на них исследовать влияние на сток и эрозию разных приемов обработки почвы. Материалы за период 1950—1965 гг. опубликованы в работах И. П. Сухарева [159], М. А. Шевченко [180] и В. Н. Каулина [60, 61]. Рассмотрим их здесь.

Средние данные по запасам снеговой воды, величинам и коэффициентам стока за период 1950—1965 гг. представлены в табл. 12. Рассмотрим их вначале за первые 10 лет. Из таблицы видно, что за указанное десятилетие сильный и очень сильный сток с нормальной зяби (глубина вспашки 20—22 см) наблюдался в 1952, 1955 и 1957 гг.; последний год был выдающимся по своей многоводности. Зимы в эти годы характеризовались сильными оттепелями, во время которых формировалась поверхностная ледяная корка; зиме 1956-57 г., кроме того, предшествовала исключительно влажная осень. В остальные годы (их три) стока с зяби практически не было или он был

Таблица 12

Средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни на черноземах Каменной степи [61, 159, 180]

Год	Зябь			Уплотненная пашня		
	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
1950	57	1,9	0,033	53	8,7	0,164
1951	62	3,4	0,055	109	31,0	0,284
1952	103	48,0	0,466	104	76,0	0,731
1954	21	0,7	0,033	47	13,0	0,277
1955	162	72,9	0,450	162	109,3	0,675
1956	74	4,5	0,061	154	100,0	0,649
1957	119	97,0	0,815	119	97(?)	0,815 (?)
1958	90	5,6	0,032	106	74,5	0,703
1959	43	0,9	0,021	111	53,8	0,485
1960	16	5,1	0,319	60	28,8	0,480
1961	?	0	0	—	—	—
1962	48	1,8	0,038	74	24,8	0,336
1963	137	59,7	0,436	120	101,0	0,842
1964	134	1,3	0,010	151	85,3	0,565
1965	57	6,1	0,107	39	13,6	0,349
Средние за 14 лет	80,2	22,1	0,208	100,6	58,3	0,525

водоотделительные $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}=1,9$ 1893

очень слабый. Соответственно и коэффициенты стока в эти годы, как правило, были небольшие. С уплотненной пашни величины и коэффициенты стока во все годы, особенно в маловодные, были намного выше, чем с зяби. Из-за отсутствия данных по стоку с уплотненной пашни за 1957 г. примем условно его показатели такими же, как на зяби.

Выше мы анализировали влияние на сток талых вод преимущественно нормальной зяблевой пахоты (глубина 20—22 см), не затрагивая по возможности вопроса о значении глубины вспашки, который будет рассмотрен в § 1 главы III. Теперь рассмотрим преимущественно глубокую безотвальную, комбинированную и ступенчатую вспашку. Приведем здесь осредненные данные В. И. Каулина [60, 61] по стоку за период 1962—1965 гг.

Комбинированная вспашка представляет собой чередование лент нормальной отвальной пахоты и безотвального рыхления, причем ширина лент соответствует одному захвату тракторного плуга. Она производится одновременно двумя тракторными агрегатами, следующими друг за другом. Ступенчатая вспашка производится тракторным плугом, один корпус которого опущен на 10 см глубже других, вследствие чего образуется ступенчатая подошва. В отношении водозадержания такая вспашка более эффективна по сравнению с нормальной отвальной, так как при этом определенная часть площади пашется более глубоко.

Как видно из табл. 12, 1962 год был маловодный: сток с нормальной и глубокой безотвальной зяби был незначительный или его совсем не было, а с уплотненной пашни и залежи слабый и умеренный.

1963 год был выдающийся по своей многоводности на обширной территории центра, юга и юго-востока европейской части страны. В зимний период, особенно в первой декаде января, имели место глубокие оттепели, сопровождавшиеся дождями и интенсивным снеготаянием, которые резко сменялись холодной погодой, что способствовало формированию ледяной корки. Выпавшие в дальнейшем осадки в значительной своей части пошли на сток.

Сток с зяби равнялся в среднем около 60 мм, причем по глубокой безотвальной обработке он был несколько больше, чем с обычной отвальной пахоты. На уплотненной пашне и многолетней залежи сформировался очень сильный сток — в среднем 101 мм при коэффициенте стока 0,842.

1964 год отличался маловодностью. Стока с отвальной и комбинированной пахоты не было, а на глубокой безотвальной зяби он был очень слабый. На многолетней косимой залежи сформировался очень сильный сток.

1965 год характеризовался несколько большей водностью по сравнению с 1964 годом, однако он также был маловодный. Сток с различных вариантов зяблевой пахоты варьировал от

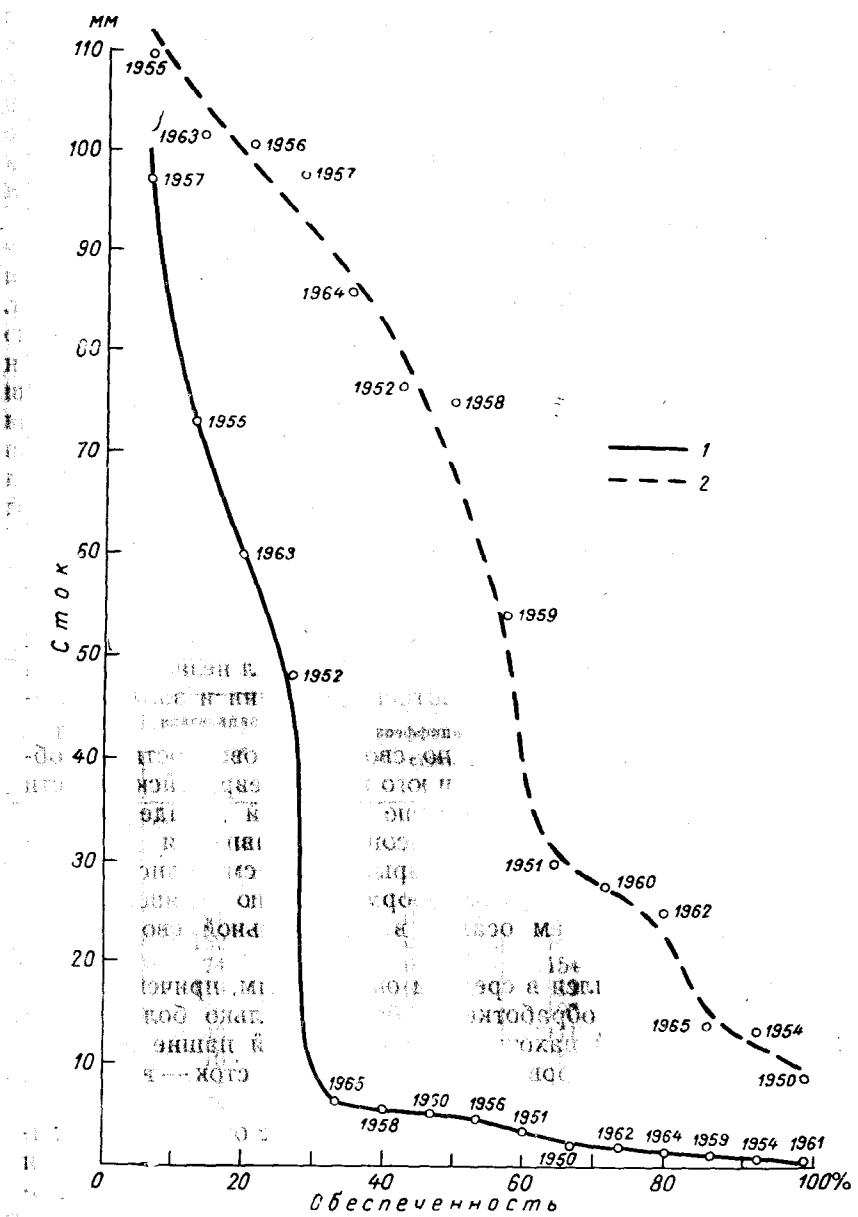


Рис. 6. Кривые обеспеченности стока на черноземах Камениной степи.

Материалы и методы. Сток: 1 — с зяби, 2 — с уплотненной пашни.

Технология

4,5 до 10,7 мм, а в среднем равнялся 6,1 мм при коэффициенте стока 0,107. На уплотненной пашне он в среднем составил 13,6 мм, а коэффициент 0,349. Данные за 1961 г. отсутствуют, однако хорошо известно, что этот год отличался исключительной маловодностью и стока с зяби в этом году, конечно, не было.

Обзор данных по стоку на обыкновенном черноземе Каменной степи за 15-летний период (включая 1961 г.), позволяет отметить, что четыре года стока с зяби практически не было, семь лет он был очень слабый, три года сильный и один год очень сильный. Как следует из кривой обеспеченности (рис. 6), лишь сток с зяби, обеспеченный на 30% (3 года в 10 лет), превышает 10 мм; в остальные годы он очень слабый (или отсутствует), что позволяет задержать его без применения специальных приемов, а только улучшением качества зяблевой пахоты. Из того же рисунка видно, что слой стока с уплотненной пашни, обеспеченный на 58%, превышает 50 мм, попадая в категорию сильного и очень сильного, а обеспеченный на 65% находится на уровне 30 мм и больше. Резкий перепад на кривой в диапазоне обеспеченности 57—65% показывает, что на уплотненной пашне приблизительно в 40% весен (четыре года из 10) формируется умеренный и слабый сток.

Средний сток с зяби за указанный 14-летний период (без 1961 г.) равнялся 22,1 мм (за 15 лет 20,6 мм), а частный коэффициент стока был 0,276. Общий коэффициент стока (относительно всей суммы осадков холодного периода) должен быть значительно ниже. Средняя величина стока с уплотненной пашни за тот же период равнялась 58,3 мм, а коэффициент стока 0,525. Отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ равно 1,9. Оно занижено вследствие уравнивания коэффициентов стока с зяби и уплотненной пашни в 1957 г.

Материалы И. А. Кузника [85, 86] по стоку талых вод приводятся в табл. 13.

В 1952 г. сток с зяби был очень слабый, на уплотненной пашне — умеренный и сильный. В 1953 г. он был значительно сильнее: по зяби — пласту слабый (18,9 мм), по старопахоте сильный (60 мм), а на многолетних травах очень сильный (111 мм). Этот год в данном районе был очень многоводный. В 1954 г. сток практически отсутствовал не только с зяби, но и с многолетних трав. Весна 1955 г., отличавшаяся в других районах большой водностью, здесь была умеренной. На нормальной зяби сток был слабый (11 мм), а на люцерне умеренный. Сравнивая показатели стока по двум пунктам центрально-черноземной полосы, можно констатировать, что на мощном черноземе Балашовской сельскохозяйственной опытной станции в соответствующие годы сформировался более слабый сток, чем в Каменной степи, особенно в 1952 и 1955 гг.

На стационаре ВНИАЛМИ в совхозе «Динамо» Волгоградской области (чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый и

Таблица 13

Средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни на мощном черноземе Балашовской опытной станции [85, 86]

Год	Зябь (пласт и старопашка)			Уплотненная пашня (оэимь, травы)		
	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
1952	70	6,1	0,118	72	41,3	0,574
1953	92	39,5	0,429	140	111,0	0,793
1954	24	0	0	93	0,8	0,008
1955	49	11,0	0,224	53	33,0	0,647
Средние за 4 года	59	14,3	0,193	89	46,5	0,505

$$K_p/K_p = 2,6$$

глинистый) в 1963—1965 гг. В. Ф. Агеевым были получены данные, приведенные в табл. 14.

Осень 1962 г. была сильно засушливой, но затем в период со второй декады ноября по март сумма осадков составила 267 мм (около 67% годовой нормы), причем некоторая часть их выпала в виде дождя. В периоды сильных зимних оттепелей талая вода просачивалась в почву и стока не было. Довольно мощный снежный покров защитил почву во время оттепелей от образования поверхностной ледяной корки. Глубина промерзания почвы составляла 72—82 см. Как видно из табл. 14, сток с зяби в северо-западной части Волгоградской области в 1963 г. был слабый и очень слабый, а с участков озимой пшеницы и эспарцета умеренный. Боронование глубокой зяби способствовало увеличению стока с нее на 7,7 мм.

Осень 1963 г. была влажной: за период сентябрь—вторая декада ноября выпало 140 мм осадков. За холодный период сумма осадков составила 237 мм. Глубина промерзания почвы достигала 62 см, сильных оттепелей в зимний период не было. Из табл. 14 следует, что в 1964 г. на всех вариантах зяблевой обработки (за исключением заборонованной зяби), а также на озимых сформировался очень слабый сток, а на глубокой пахоте его практически не было. В нижней части склона с несколько большей смытостью почвы он был сильнее, чем в средней. Прикатывание зяби катком увеличило сток всего на 1,5 мм, а боронование на 9,8 мм.

Осень 1964 г. была засушливая, сумма осадков за зимний период составила 105 мм. Почва промерзла на глубину 30—35 см. Сильная оттепель в начале марта и наступившее затем резкое похолодание обусловили формирование поверхностной ледяной корки на озимых и выровненной зяби толщиной до 2—

Таблица 14

Просачивание, сток талых вод и смык почвы на обыкновенном черноземе.
Совхоз «Динамо», Волгоградская область

Агротехнический фон	Запасы снеговой воды + осадки весны (мм)	Просочи- лось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффи- циент стока	Смык	
					расчетная KTC (кг/м ³)	m ³ /га

1963 г. Средняя крутизна склона 2,5°, почва слабосмытая

Вспашка на 20—22 см	125	111,3	13,7	0,110	5,5	40,2
То же 25—28 см	123	121,3	1,7	0,014	0	—
То же+боронование	121	111,6	9,4	0,078	4,2	44,7
Эспарцет 2-го года	126	100,6	25,4	0,201	следы	—
Озимая пшеница	94	74	20,0	0,213	18,3	91,5

1964 г. Средняя часть склона крутизной 2°, почва очень слабосмытая;
под озимью крутизна склона 1,5°

Вспашка на 20—22 см	126	122,5	3,5	0,028	1,6	45,7
То же 27—30 см	127	126	1,0	0,008	0,1	10,0
То же+прикатывание кольчатаим катком в агрегате	127	124,5	2,5	0,020	0,47	18,8
То же+боронование	129	118,2	10,8	0,084	2,4	22,2
Озимая пшеница	127	122,3	4,7	0,037	1,7	36,2

Нижняя часть склона крутизной 2°, почва слабосмытая

Вспашка на 20—22 см	125	120,1	4,9	0,038	1,8	36,7
То же 27—30 см	123	121,8	1,2	0,010	0,1	8,3
То же+прикатывание кольчатаим катком в агрегате	127	124,2	2,8	0,022	0,4	14,8

1965 г. Средняя крутизна склона 2°, почва очень слабосмытая

Вспашка на 20—22 см	25	23,9	1,1	0,044 0,005	0	—
То же 27—30 см	25	25	0	0	0	—
То же с боронованием+ +культивация	16	11,7	4,3	0,269 0,018	0,9	20,9
Озимая пшеница	35	21,8	13,2	0,317 0,056	4,7	35,6

Средние за 3 года

Нормальная зябь	91	84,7	6,3	0,062	K _п /K _р =3,34
Глубокая зябь	91	90,0	0,9	0,008	
Уплотненная пашня	91	77,5	13,5	0,207	

Примечание. Размер площадок 0,2 га.

3 см. Завершающее снеготаяние проходило с 22 по 30 марта. Как видно из табл. 14, на нормальной зяблевой пахоте сток был незначительный, не говоря уже о глубокой; на глубокой пахоте с боронованием и культивацией он равнялся 4,3 мм, а на озимой пшенице 13,2 мм. Средняя за три года величина стока с нормальной зяби составила 6,3 мм, а с глубокой 0,9 мм; на озимых и многолетних травах она равнялась 13,5 мм. Заключение об условиях применения выровненной зяби будет дано в главе III.

Смыв почвы на стоковых площадках, учтенный по струйчатым размывам, был довольно большой. Так, в 1963 г. на обычной зяби он достигал 5,5 м³/га при стоке 13,7 мм, а на озимы — 18,3 м³/га при стоке 20 мм. В последующие два года в связи с незначительным стоком смыв был намного меньше. Однако приведенные показатели смыва сильно преувеличены (в 5—10 раз), о чем свидетельствует очень большая расчетная концентрация твердого стока.

Рассмотрим материалы Ф. А. Миронченко [100], проводившего наблюдения над стоком и смывом почвы на маломощном северо-приазовском тяжелосуглинистом черноземе (разновидность южного чернозема) в северо-западной части Ростовской области (ст. Персиановка) на территории Донского сельскохозяйственного института. В период с 1949 по 1952 г. изучалось влияние различной обработки почвы на сток и смыв на стационаре, состоящем из нескольких стоковых площадок (табл. 15). Размер площадок 500 м² (длина 50 м, ширина 10 м), крутизна склона 3°. Вспашка производилась на конной тяге.

Таблица 15
Показатели стока и смыва на южном черноземе [100]

Агротехнический фон	Наблюдаемые процессы	1949 г.	1950 г.	1951 г.	1952 г.	Среднее за четыре года
Зяблевая вспашка поперек склона	Сток, мм	4,8	20,1	21,4	13,2	14,9
	Смыв, т/га	1,4	2,6	2,2	3,3	2,4
То же, вдоль склона	Сток, мм	10,2	28,1	29,8	18,5	21,7
	Смыв, т/га	1,8	4,3	6,2	2,8	3,8
Многолетняя залежь	Сток, мм	—	—	—	—	2,7
	Смыв, т/га	—	—	—	—	0,2

При рассмотрении приведенных данных возникают некоторые неясности в связи с тем, что средний за четыре года сток на многолетней залежи в 5,5—8 раз меньше, чем с зяби. По-видимому, это связано с тем, что глубина зяблевой вспашки была меньше нормальной, а также с сильной распыленностью и эродированностью почвы. Среднее за четыре года уменьшение стока на поперечной пахоте по сравнению с продольной составило

6,8 мм. Средний смыг почвы на поперечной пахоте равнялся 2,4 т/га, а на продольной 3,8 т/га; средняя КТС была соответственно 16,1 и 17,5 кг/м³, т. е. разница незначительная.

Мы полагаем, что на стационаре Ф. А. Миронченко сток с зяби значительно преувеличен по сравнению с производственными полями, где применяется тракторная вспашка. Так, согласно данным Г. А. Гарюгина [32], изучавшего в 1949—1954 гг. формирование стока талых вод на полях Персиановской опытно-мелиоративной станции (размер опытных участков 20—30 га, уклон 0,6—1,1°), сток с зяби наблюдался лишь в 1951 г. (коэффициент стока 0,40), а в остальные годы его не было. На полях с озимыми, многолетними травами и стерней коэффициент стока в среднем равнялся 0,79 в 1951 г., 0,18 в 1952 г. и 0,72 в 1953 г. (о величине слоя стока сведений не имеется); в 1954 г. стока не было на всех сельскохозяйственных угодьях.

Таким образом, эти данные подтверждают, что на черноземах степей зяблевая пахота во время снеготаяния обладает большой водопоглотительной способностью; с другой стороны, на уплотненной пашне здесь почти ежегодно формируется значительный сток.

Сопоставим данные по стоку талых вод, полученные различными исследователями в различных пунктах ЦЧО и Юга. Из табл. 9—15 следует, что по мере продвижения с севера на юг и юго-восток от оподзоленных и выщелоченных черноземов лесостепи к мощным, обыкновенным и южным черноземам степей сток уменьшается. Средняя за 1938—1940 гг. величина стока с зяби на оподзоленном черноземе Орловской области составила 33,5 мм (коэффициент стока 0,25), а на оподзоленном и выщелоченном черноземах Курской области за период 1959—1969 гг. 31,5 мм (коэффициент стока 0,32); сток с уплотненной пашни за этот период равнялся 74 мм (коэффициент стока 0,647).

На обыкновенном черноземе Каменной степи средний сток с зяби за период 1950—1966 гг. равнялся 22,1 мм (коэффициент стока 0,275), а с уплотненной пашни 58,3 мм (коэффициент стока 0,525).

Размеры стока с зяби и с уплотненной пашни изменились по годам различно, а в такие годы, как 1956, 1958, 1959 и 1964, на зяби сформировался очень слабый сток, в то время как на уплотненной пашне он был сильный и очень сильный. Таким образом, если характеризовать степень водности стоком с зяби, то указанные годы попадают в категорию весьма маловодных, а если по стоку с уплотненной пашни, то они будут очень многоводные. Поэтому целесообразно давать характеристику водности в отдельности по стоку с зяби и с уплотненной пашни.

Средний слой стока с водосбора определяется толщиной его слоя на различных сельскохозяйственных угодьях и занимаемой ими площадью, т. е.

$$y = y_3 f_3 + y_{03} f_{03} + y_{\text{тр}} f_{\text{тр}} + y_{\text{зал}} f_{\text{зал}} \dots, \quad (9)$$

где $y_{\text{зяби}}/y_{\text{травы}}$ — слой стока соответственно с зяби, озимых, многолетних трав и залежи (мм); $f_{\text{зяби}}/f_{\text{травы}}$ — соответствующие площади этих угодий в долях от суммарной площади.

Причина непропорционального формирования стока с зяби и уплотненной пашни в одни и те же годы состоит в том, что одинаковые гидрометеорологические факторы обусловливают различную инфильтрацию талой воды в мерзлую почву в рыхлом и плотном ее состоянии. Так, после холодных зим без существенных оттепелей при условии умеренного увлажнения почвы в предшествующие им осенние сезоны сток с зяби бывает очень слабый или вовсе отсутствует, так как мерзлая почва хорошо впитывает талую воду. При наличии же большого числа оттепелей, прерываемых умеренно холодной погодой, зябь становится слабо водопроницаемой, в силу чего на ней формируется значительный сток. Что касается уплотненной пашни, то в относительно теплые зимы с оттепелями, когда почва частично оттаивает, талая вода хорошо просачивается в нее и сток бывает намного меньше, чем в холодные зимы с глубоким промерзанием почвы.

Четырехлетние исследования стока (1952—1955 гг.), проведенные И. А. Кузником на мощном черноземе Балашовской сельскохозяйственной опытной станции (табл. 13), характеризуют относительно многоводный период по центру черноземной полосы. В этом можно убедиться, сопоставив за соответствующие годы показатели стока по этому пункту с показателями по Каменной степи (исключая 1953 г.). Так, в Каменной степи средняя величина стока с зяби за 1952, 1954 и 1955 гг. равняется 38,9 мм, и отношение этой величины к средней величине стока за 14-летний период составляет $\frac{38,9}{22,1} = 1,76$. Если бы это отношение за указанные годы было такое же и в районе Балашовской станции, то сток с зяби составил бы за 14 лет около 8,1 мм (за указанный четырехлетний период он равняется 14,3 мм).

Трехлетние данные ВНИАЛМИ (1963—1965 гг.), полученные на обыкновенном черноземе в совхозе «Динамо» Волгоградской области, показывают, что средний за три года сток с нормальной зяби составил 6,3 мм (коэффициент стока 0,068), а с уплотненной пашни 13,5 мм (коэффициент стока 0,207). Обнаруживается четко выраженная тенденция: по мере продвижения на восток и юго-восток сток талых вод на черноземах уменьшается.

Общее представление о стоке с сельскохозяйственных угодий в более южных районах черноземной зоны можно составить главным образом на основании данных Г. А. Гарюгина [32], согласно которым в период 1949—1954 гг. сток с зяби в Приазовье наблюдался лишь в весну 1951 г. и полностью отсутствовал в другие пять лет. Можно считать, что сток с зяби на приазовских черноземах значительно меньше, чем на чернозе-

макс более северных районов степной зоны. Отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ за 1951—1954 гг. равнялось 4,2.

Весенний сток на черноземах Среднего Поволжья и Заволжья

Рассмотрим материалы по стоку талых вод с сельскохозяйственных угодий на тяжелосуглинистых и глинистых черноземах под Саратовом и в Саратовском и Куйбышевском Заволжье. В этом районе сток в разное время изучали Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Юго-Востока (НИИСХ ЮВ), Гусельская гидрологическая станция, Толстовская гидрологическая станция б. «Нижневолгопроект», расположенная в Пугачевском районе Саратовской области, «Нижневолгопроект» (на Тимашевском опорном пункте ВНИАЛМИ и в опытном хозяйстве Куйбышевского СХИ под г. Кинелем, Кинель-СХИ), Почвенно-эрзационный отряд Почвенного института им. В. В. Докучаева (на Тимашевском пункте ВНИАЛМИ и прилегающих землях колхоза им. XIX партсъезда) и Поволжская агролесомелиоративная опытная станция (АГЛОС) ВНИАЛМИ. Поскольку изучение стока значительно раньше началось под Саратовом, удобнее в целях соблюдения исторической последовательности в развитии научных представлений начать изложение материалов по стоку с южных черноземов Саратовской области.

Самые ранние исследования (в период 1924—1937 гг.) проведены под Саратовом [57]. Сток здесь изучали в течение 12 лет на водосборе площадью 17 га при следующем среднем соотношении угодий: озимые 34,5%, зябь и черный пар 61,5%, не-пасть 4%. Почвенный покров П. Г. Кабанов характеризует следующими словами: «Большая часть водосбора расположена на почвах южного чернозема с пятнами солонцеватых почв и отдельными пятнами с выходом хрящей и камней» [57, с. 46]. Материалы по стоку представлены в табл. 16.

Кабанов дает среднюю величину стока 35,1 мм и средний коэффициент стока 0,39. Наиболее многоводным был 1929 г., когда коэффициент стока равнялся 1,0. Из 12 лет наблюдений пять весен были с очень сильным и сильным стоком, одна весна с умеренным, две со слабым и четыре с очень слабым стоком или без него. Сопоставляя величины и коэффициенты стока с условиями погоды осенне-зимних сезонов соответствующих лет, Кабанов установил, что «наибольшая зависимость... имеется у коэффициента стока с увлажнением почвы или количеством осадков предзимья... все остальные элементы погоды предшествующего стоку периода имеют второстепенное значение» [57, с. 50].

Из табл. 16 видно, что за первые семь лет наблюдений (до 1932 г.) сток был значительно сильнее, чем за последующие пять лет: в первый период при средних запасах снеговой воды 93,7 мм средняя величина стока составила 52,7 мм, а коэффи-

циент стока 0,56; во второй период при запасах воды в снеге 76,8 мм она выражается цифрой 10,4 мм, а коэффициент стока 0,14. Нам представляется, что, помимо гидрометеорологических факторов, определенное влияние на сокращение стока во втором периоде могло оказать повышение уровня агротехники, в частности, углубление пахотного горизонта.

Таблица 16
Величины и коэффициенты стока с поля [57]

Год	Сумма осадков за октябрь и ноябрь (до наступления морозов) (мм)	Запасы воды в снеге (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1924	98	115	88	0,76
1927	96	127	82,3	0,65
1928	40	89	11,1	0,13
1929	100	78	81,2	1,0
1930	19	81	7,6	0,09
1931	66	86	46,5	0,54
1932	63	78	52,2	0,67
1933	32	78	6,8	0,09
1934	55	66	5,5	0,08
1935	42	71	0	0
1936	22	109	1,4	0,01
1937	87	58	38,5	0,67
Средние	60	86	35,1	0,39

В табл. 17 приводятся осредненные нами данные по стоку с зяби, залежи и уплотненной пашни, полученные на Толстовской и Гусельской гидрологических станциях [84—86].

Как видно, сток с зяби в 1937—1940 и в 1953—1954 гг. был очень слабый и слабый, а в 1941, 1955 и 1957 гг. соответственно чрезмерно сильный, очень сильный и сильный. Средняя за шесть лет его величина на Толстовской станции составила 31,8 мм (коэффициент стока 0,256), а на Гусельской за три года 25,6 мм (коэффициент стока 0,294); средний сток за девять лет (по двум станциям) равнялся 29,7 мм при коэффициенте стока 0,267. Как увидим ниже, 1955 и 1957 гг., вошедшие в таблицу, в 10-летний период 1951—1960 гг. были наиболее многоводными в районах Среднего Поволжья, предшествующее же десятилетие не охарактеризовано по стоку.

Поэтому, а также в связи с тем, что ранее практиковалась мелкая зяблевая вспашка, вышеуказанная средняя величина стока с зяби на южных черноземах не может быть принята для характеристики водности сплошного 9—10-летнего промежутка времени. Если, например, принять во внимание, что сток с комплексного водосбора НИИСХ ЮВ в 1937 г. составил 38,5 мм (табл. 16), а с зяби в том же году 8 мм (табл. 17),

Таблица 17

Средние показатели стока на южных черноземах Саратовской области
[84—86]

Год	Зябь			Уплотненная пашня и залежь		
	запасы снего- вой воды (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	запасы снего- вой воды (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
Толстовская гидрологическая станция						
1937	40	8,0	0,20	64	26,0	0,406
1938	58	6,0	0,103	94	36,0	0,383
1939	43	2,2	0,077	53	14,5	0,288
1940	174	14,5	0,079	138	31,5	0,127
1941	(135)	119,0	(0,884)	121	107,0	0,884
1957	105	41,0	0,390	114	74,0	0,649
Средние за 6 лет	93	31,8	0,256	97	48,1	0,456

$$K_{\text{п}}/K_{\text{р}} = 1,78$$

Гусельская гидрологическая станция						
1953	126	7	0,056	139	23,5	0,169
1954	60	0,9	0,015	73	26	0,356
1955	85	69	0,812	99	90	0,909
Средние	90	25,6	0,294	104	46,5	0,478

$$K_{\text{п}}/K_{\text{р}} = 1,63$$

П р и м е ч а н и е. В скобках даны сомнительные величины.

т. е. в 4,8 раза меньше, и то, что в период 1931—1936 гг. сток с указанного водосбора лишь в 1931 и 1932 гг. был сильный (уменьшив его в 4,8 раза и таким образом приведя к стоку с зяби, получим соответственно 10 мм и 11 мм), а в остальные годы очень слабый или отсутствовал (на зяби в эти годы стока не должно быть), то можно определить, что в период 1931—1941 гг. сток с зяби составлял около 15,5 мм; за более длительный промежуток времени он бы еще уменьшился.

Средняя величина стока с залежи (Толстовская станция) и с уплотненной пашни (Гусельская станция) составляет 47,6 мм, а коэффициент стока 0,468. Отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ равнялось 1,73.

В Куйбышевской области, как уже отмечалось, изучение весеннего стока проводилось в трех точках: в пределах землепользования учебного хозяйства Куйбышевского сельскохозяйственного института (Кинель-СХИ), на Тимашевском опорном пункте и на Поволжской АГЛОС ВНИАЛМИ. Первые два пункта находятся в южной лесостепи и относятся к Высокому

Заволжью, а Поволжская АГЛОС, расположенная в 18 км на юг от Куйбышева, в северной степи (Сыртовое Заволжье). Приведем данные И. А. Кузника [86] по стоку талых вод на обыкновенном черноземе учхоза Куйбышевского СХИ (табл. 18).

Таблица 18

Средние показатели стока на обыкновенном глинистом черноземе.
Кинель-СХИ [86]

Год	Зябь			Уплотненная пашня и залежь		
	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
1952	122	5,0	0,041	110	6,0	0,055
1953	96	34,5	0,360	113	66,0	0,584
1954	81	6,5	0,080	107	28,5	0,266
1955	162	36,0	0,222	164	96,0	0,582
1956	218	34,5	0,158	199	132,0	0,663
1957	214	131,0	0,612	190	147,0	0,773
1958	175	8,5	0,049	191	62,0	0,325
Средние за 7 лет	152	36,6	0,217	153	76,8	0,464

$$K_{\text{п}}/K_{\text{р}} = 2,14$$

Отметим вначале важную деталь, которая позволит более правильно подойти к оценке размеров весеннего стока в Высоком Заволжье. В правобережном низовье р. Самары на возвышенных элементах рельефа широко распространены выходы к дневной поверхности пермских отложений (известняки, мергели и др.) и их делювиальные дериваты, на которых сформировались черноземы. Стационар И. А. Кузника, где изучали сток, находился на таком черноземе. Эта почва отличается менее благоприятными водно-физическими свойствами по сравнению с черноземами, развившимися на желто-бурых глинах, и на ней формируется более сильный сток.

В 1952, 1954 и 1958 гг. сток с зяби (средние из величин по пласту и на старопахоте) был очень слабый и слабый, в 1953, 1955 и 1956 гг. умеренный; в 1957 г. из-за больших запасов снега и очень высоких коэффициентов стока сток с зяби по своей силе превзошел его во все другие годы по всем пунктам Заволжья, где он когда-либо изучался (131 мм). В 1952 г. сток с уплотненной пашни и залежи был очень слабый, в 1954 г. умеренный, в 1953 и 1958 гг. сильный, а в 1955, 1956 и 1957 гг. очень и чрезмерно сильный. Средняя за семь лет величина стока с зяби составляет 36,6 мм (коэффициент стока 0,217), а с уплотненной пашни 76,8 мм (коэффициент стока 0,464). Отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ равняется 2,14.

В другой точке Высокого Заволжья, на Тимашевском опорном пункте ВНИАЛМИ, сток с зяби в 1952 г., согласно данным И. А. Кузника [85], составил 2,9 мм при коэффициенте стока 0,02 (зябь—пласт стока совсем не дала), а с многолетних трав в среднем 4,7 мм (коэффициент стока 0,04), т. е. сток в этом году здесь был меньше, чем на участке Кинель-СХИ.

Изложим наши данные по весеннему стоку за 1954—1958 гг. В этот период почвенно-эрзационный отряд Почвенного института им. В. В. Докучаева под руководством автора проводил почвенно-эрзационные исследования в Куйбышевском Заволжье, в том числе и исследования условий формирования стока талых вод. Гидрологические исследования проводились на землях Тимашевского опорного пункта ВНИАЛМИ (с сетью лесных полос) и колхоза им. XIX партсъезда Кинель-Черкасского района. Почвенный покров представлен типичным тяжелосуглинистым и глинистым черноземом с содержанием гумуса в пахотном горизонте около 8,0—8,6%, а у слабо- и среднесмытых разновидностей — около 7,0—7,5% [150].

Стоковые площадки в 1954, 1955 и 1956 гг. своими нижними концами примыкали к лесным полосам и здесь на них накладывались снежные шлейфы, что в некоторых случаях способствовало сокращению стока. В 1957 г., наоборот, их верхние концы примыкали к лесополосам. В 1958 г. площадки были расположены на некотором удалении от лесополос, вне снежных шлейфов. Запасы снеговой воды, величины и коэффициенты стока за период 1954—1958 гг. представлены в табл. 19.

1953-54 г. Осенне-зимний период 1953-54 г. характеризовался умеренно влажной осенью, одной оттепелью в декабре (4—6 декабря) и холодной зимой. Снеготаяние проходило с 24 марта по 14 апреля (в лесных полосах снег сошел намного позднее) и прерывалось четырехдневным похолоданием (28—31 марта). Сток с зяби весной 1954 г. был очень слабый — в среднем 4,7 мм. Он формировался главным образом в околоволосной шлейфовой зоне, где были большие запасы снеговой воды; в серединных участках межполосных клеток с меньшими запасами снега стока с зяби не было. В молодом саду, где почва в течение нескольких лет содержалась в состоянии черного пара и была распылена, а осенью 1953 г. в междурядьях мелко вспахана (на 12—15 см), сток был сильный — 70,5 мм.

1954-55 г. Зима 1954-55 г. отличалась крайне неустойчивой погодой, что временами приводило к сходу снега и способствовало широкому распространению ледяной корки на уплотненной пашне, обусловив здесь сильнейший сток. Как видно из табл. 19, сток с зяби был сравнительно небольшой — 10 мм; в серединных частях межполосных клеток, где запасы снега составляли около 40—60 мм, стока совсем не было. На житняке и в молодом саду сток был очень сильный, причем в саду,

Таблица 19

Просачивание и сток талых вод на типичных черноземах
Тимашевского опорного пункта и колхоза им. XIX партсъезда

Агротехнический фон	Крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1954 г. Склон северо-восточный; почва очень слабо- и слабосмытая; площадки 0,31 и 0,20 га					
Вспашка на 20—22 см (2)	1,5—2	118	113,3	4,7	0,040
Молодой сад. Мелкая перепашка черного пара	1,5	128	57,5	70,5	0,551
1955 г. Склон северо-восточный; почва слабосмытая; площадки 0,20 га					
Вспашка на 20—22 см	2	99	89,0	10,0	0,101
Житняк 2-го года жизни	1,5	96	3,0	93,0	0,969
Молодой сад (как в 1954 г.)	1,5	90	22,5	67,5	0,750
1956 г. Склон северо-восточный; почва слабосмытая					
Вспашка на 23—25 см	2,5	243	243	0	0
	2,5	273	257,3	15,7	0,057
	2,5	452	344,0	108,0	0,243
Житняк 3-го года жизни	1,5	268	187,7	80,3	0,306
Стерня пшеницы	2	198	194,9	3,1	0,016
	2	173	173,0	0	0
	2	267	255,0	12,0	0,046
1957 г. Склон северо-восточный; почва очень слабосмытая; площадки 0,28 га					
Вспашка на 23—25 см (4)	2	186	143,4	42,1	0,226
Склон юго-восточный; чернозем слабо- и среднесмытый на красно-буровой глине; площадки 0,51 га					
Вспашка на 25—27 см (5)	2—2,5	140	62,0	78,0	0,557
Стерня пшеницы	2—2,5	179	24,0	155,2	0,867
1958 г. Склон северо-восточный; почва очень слабосмытая					
Вспашка поперек склона на 23—25 см (3 VIII)	1	99	95,8	3,2	0,032
То же + боронование в четыре следа	1,5	112	76,7	35,3	0,315
Вспашка вдоль склона на 23—25 см (1 IX)	1,5	124	123,0	1,0	0,008
То же, гребнистая	1,5	140	137,8	2,2	0,016
Средние за 5 лет зябь уплотненная пашня		140 143	126,9 78,4	13,1 64,6	0,091 0,470

Примечание. В 1955 г. наблюдения за стоком под руководством автора проводил Х. М. Мустафаев.

с мелкой осенней перепашкой, он все же был меньше, чем на житняке.

1955-56 г. Зиме 1955-56 г. предшествовала очень сухая осень. Зима была холодная и очень многоснежная. На этом основании прогнозировался сильный паводок, в связи с чем проводились мероприятия по защите мостов и гидротехнических сооружений. Однако несмотря на интенсивное снеготаяние, весенний сток в 1956 г. был очень слабый, а на зяблевой пахоте его совсем не было, за исключением участков со снежными завалами. На стерне пшеницы наблюдался сравнительно небольшой сток лишь с участков, где влагозапасы в снеге достигали 267 мм (снежный шлейф от лесополосы); при запасах снеговой воды менее 200 мм сток был незначительный или его совсем не было. На житняке из-за очень больших снегозапасов слой стока составил 80,3 мм при умеренном коэффициенте стока (0,306).

1956-57 г. Сильное предзимнее увлажнение почвы, дополненное в первые месяцы зимы во время глубоких оттепелей, глубокое промерзание и формирование в дальнейшем мощного снежного покрова обусловили сильнейший сток со всех сельскохозяйственных угодий. Снеготаяние началось 6 апреля и проходило весьма интенсивно. На полевых участках снег сошел 14 апреля, а в лесных полосах и околоволосных шлейфах — 25 апреля и позднее. В 1957 г. наблюдения над весенным стоком проводились на 21 стоковой площадке.

Оставляя пока в стороне детальное рассмотрение материалов, приведем здесь лишь общие сведения о стоке. Его величина с зяби на очень слабосмытом тяжелосуглинистом черноземе, образовавшемся на желто-буровой глине (северо-восточный склон), в среднем составила 42,1 мм (коэффициент стока 0,226), а на глинистом слабо- и среднесмытом черноземе, залегающем на плотной красно-буровой глине (юго-восточный склон), 78 мм (коэффициент стока 0,56), т. е. в два с лишним раза больше. Величина стока с площадки со стерней, находящейся в аналогичных условиях на юго-восточном склоне, была в два раза, а коэффициент стока в полтора с лишним раза больше, чем с зяби.

Таким образом, 1957 год был выдающимся по своей многоводности.

1957-58 г. Осень 1957 г. была засушливая, а зима мягкая, с многочисленными оттепелями; почва промерзла лишь на глубину 25—35 см (увлажненный слой). Во время оттепелей и в период весеннего снеготаяния на озимых и многолетних травах образовалась ледяная корка; на обычной зяби она сформировалась только в понижениях нанорельефа (в бороздах, между гребнями пашни) и неплотно прилегала к поверхности (непритечная), а на заборонованной покрывала более 50% площади, обусловив довольно сильный сток. Ее толщина колебалась от 0,5 до 7—10 см, но чаще составляла 2—4 см.

Для образования во время зимних оттепелей или в период снеготаяния ледяной корки требуется два основных условия: 1) слабое впитывание воды в почву и 2) наличие довольно сильных морозов (в ночное время), вызывающих замерзание талой воды под снегом. Когда снеготаяние прерывается сильными заморозками, ледяная корка образуется преимущественно на озимых, многолетних травах, стерне и в меньшей степени на выровненной (уплотненной) зяби, т. е. на участках с пониженной водопроницаемостью почвы. Именно такая картина и наблюдалась в 1958 г. При значительной толщине снежного покрова (например, в приопушечной зоне лесных полос), защищающего почву от проникновения отрицательных температур, корка и на уплотненной пашне, как правило, не образуется.

Из табл. 19 следует, что сток с августовской зяби составил 3,2 мм, а на более поздней, сентябрьской зяби его практически не было. Визуальные наблюдения показали, что на других полях стока с зяби совсем не было. На августовскую зябь в первой половине месяца выпали дожди (33 мм), и ее поверхность несколько заплыла и уплотнилась, что и сказалось на величине весеннего стока. На боронованной в четыре следа зяби сформировался умеренный сток — 36,3 мм при коэффициенте 0,315, т. е. он был почти в десять раз сильнее, чем с обычной. На озимых и многолетних травах, судя по визуальным наблюдениям и замерам смыва, сток был довольно сильный, во всяком случае не ниже, чем с заборонованной зяби.

Таким образом, наши пятилетние исследования в районе Тимашево показали, что в период 1954—1958 гг. лишь в 1957 г. был сильный и очень сильный сток с зяби; в 1955 г. он был слабый, а в другие три года очень слабый или полностью отсутствовал. В 1952 г. также стока с зяби практически не было или он был очень слабый [85]. В указанный период очень и чрезмерно сильный сток с уплотненной пашни наблюдался соответственно в 1955 и 1957 гг.; в остальные годы он был очень слабый (1952 г.), слабый и умеренный (1956 и 1958 гг.) и сильный (1954 г.). Вернемся к более детальному анализу данных за 1957 г.

В этом году сток изучали на двух опытных участках, и на каждом из них решались разные задачи.¹

Участок № 1, юго-восточный склон. Участок находился в средней части склона. Предшественник — яровая пшеница. Почва — чернозем типичный глинистый на красно-буровой глине и ее делювиальных дериватах. В верхней и средней частях участка почва слабосмытая, а в нижней трети — средне-

¹ Опыты в агротехнической части проводились совместно со ст. научным сотрудником Т. Ф. Антроповым, в гидрологической — автором при участии А. И. Ромашкевич.

смытая. Площадки размещались на различном удалении от систематически расчищавшейся дороги, изымавшей снег с прилегающего поля, поэтому на ближайших к дороге площадках снега было меньше, а по мере их удаления его мощность увеличивалась.

Материалы по стоку изложены в табл. 20 и представлены гидрографами на рис. 7. На гидрографах видно, что наиболь-

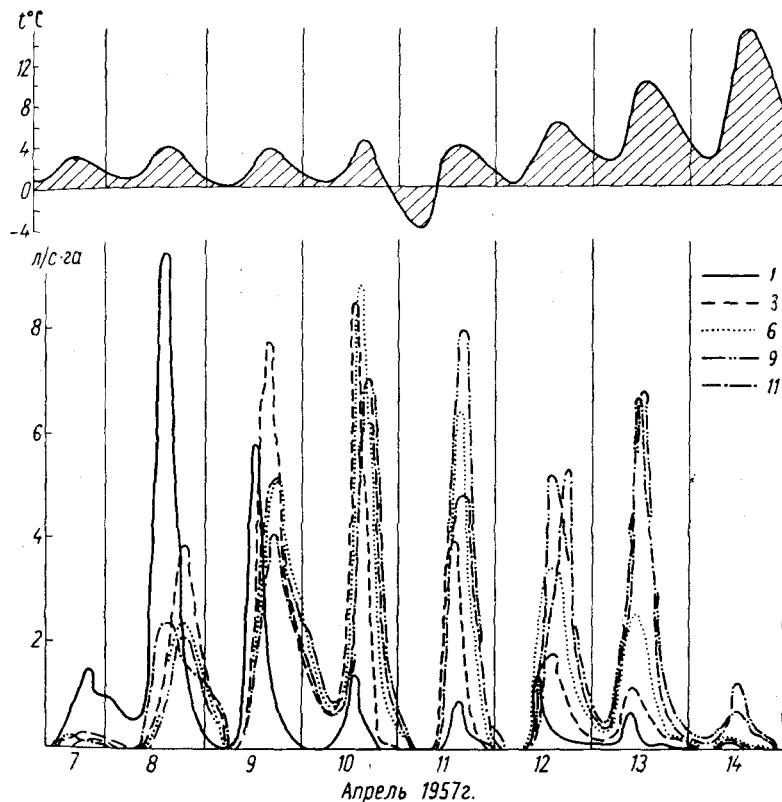


Рис. 7. Суточный ход стока в районе Тимашево Куйбышевской области в 1957 г.

Кривые — номера площадок.

шая интенсивность стока в начале снеготаяния наблюдалась на площадках с меньшими запасами снеговой воды; в дальнейшем она уменьшалась, а на площадках с большими снегозапасами увеличивалась. Талая вода слабо просачивалась в почву, поэтому повышенные запасы снега сильно влияли на размер стока; зависимость стока и его коэффициентов от запасов воды в снеге прослеживается почти на всех вариантах пахоты, но наиболее отчетливо это видно на примере контрольных

Таблица 20

Просачивание и сток на типичном глинистом слабо- и среднесмытом черноземе в 1957 г. (юго-восточный склон)

Номер площадки	Характер зяблевой обработки	Запас воды в снеге + осадки весны (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Модуль стока (л/с с 1 га) сред./макс.
0	Вспашка поперек склона на 25—27 см	83	43,8	37,2	0,447	
1	Вспашка вдоль склона на 25—27 см	91	46,8	44,2	0,485	0,93/8,72
3	То же	131	62,6	68,4	0,522	1,31/8,56
6	"	144	60,5	83,5	0,580	1,68/8,59
9	"	160	69,6	90,4	0,566	1,69/6,62
11	"	174	70,5	103,5	0,594	1,94/7,86
2	То же, на 32—35 см	113	59,2	53,8	0,476	1,08/7,94
7	То же	144	68,4	75,6	0,525	1,35/6,45
4	Вспашка без обработка пласта на 32—35 см	140	63,2	76,8	0,548	1,45/7,88
8	То же	175	73,7	101,7	0,581	1,79/9,0
5	То же, на 12—15 см	160	36,3	123,7	0,773	2,27/8,85
10	То же	156	28,6	127,4	0,816	2,25/9,61
12	Стерня	179	23,8	155,2	0,867	2,69/8,61

Примечания: 1. Вспашка вдоль склона на 25—27 см (контроль): сток (мм) равен $78,0 \pm 10,2$; $p=13\%$; коэффициент стока $0,549 \pm 0,020$; $p=3,7\%$. Дисперсионный анализ коэффициента стока по вариантам зяблевой обработки: $m=0,022$; $p=3,6\%$; $HCP_{0,95}=0,066$.

2. Отрезок склона, где расположены стоковые площадки, имеет слабо-выпуклую форму; средний уклон $2,2^\circ$.

площадок (глубина вспашки 25—27 см). По мере увеличения влагозапасов в снеге от 91 до 174 мм сток на них возрастает от 44,2 до 103,5 мм и коэффициент стока соответственно от 0,485 до 0,594, что характеризуется прямой (рис. 8):

$$y = 0,136x + 35,7. \quad (10)$$

Эта формула использована для корректировки показателей стока на сопоставляемых вариантах вспашки участка № 1.

Для сравнения просачивания и стока на различной зяблевой пахоте мы осреднили соответствующие цифры по вариантам вспашки и в необходимых случаях привели к одинаковым запасам воды в снеге. Обработанные таким образом данные, харак-

теризующие влияние глубины пахоты на сток, представлены в табл. 54. Не вдаваясь здесь в детали вопроса влияния глубины пахоты на сток, отметим лишь следующее: 1) глубокое рыхление без оборота пласта не имело преимущества в отношении водозадержания по сравнению с обычной вспашкой на 25—27 см; 2) в диапазоне глубины 0—13 см цена 1 см углубления вспашки или рыхления составила (по приведенному стоку) 0,6 мм, в диапазоне 15—27 см — 2,8 мм и в диапазоне 27—35 см — 1 мм; рыхление слоя 0—7 см практически не имело значения.

Средние модули стока с зяби при глубине вспашки 25—27 см колебались от 0,93 до 1,4 л/с с 1 га; по мере увеличения запасов снеговой воды они возрастали. Максимальные модули

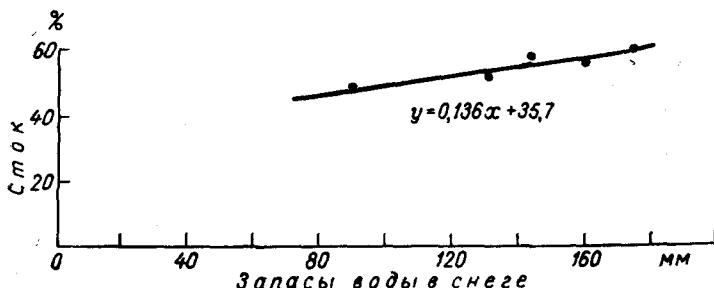


Рис. 8. Зависимость коэффициента стока от запасов воды в снеге (1957 г.).

варьировали здесь в пределах 6,62—8,72 л/с с 1 га. На площадках с глубоким рыхлением средние модули были несколько ниже, а с глубокой пахотой — еще ниже; во всех случаях на различных вариантах прослеживалась их прямая связь с количеством воды в снеге. Наибольшая величина среднего модуля стока была на площадках с безотвальным рыхлением на 12—15 см (2,25—2,27); на стерне она еще выше. В целом можно сказать, что в 1957 г. средний и максимальный модули стока были очень большие.

Смыг почвы на стоковых площадках определяли двумя методами: 1) замером водородин и 2) путем измерения твердого стока систематическим взятием на водосливах образцов воды на мутность, объем 0,2 л. Твердый сток измеряли лишь на характерных вариантах вспашки. Данные по смыгу изложены в табл. 21. Как видно, вынос почвы (по водородинам) был довольно сильный, чему способствовало, помимо интенсивного стока, наличие в верхней части площадок снежного шлейфа от лесополосы и воздействие стока на обнаженную от снега почву в средних и нижних частях площадок. Наименьший смыг зафиксирован на поперечной пахоте. Повышенный смыг на глубокой пахоте — явление случайное (водородины нигде не

прорезали пахотный горизонт на всю глубину). Дело в том, что на полях, окаймленных слабопродуваемыми лесополосами, при их удалении друг от друга не менее чем на 300—350 м образуется так называемая зона выдувания, из которой снег изымаётся в наибольшей степени и откладывается в полосах и шлейфах. Точнее было бы назвать ее зоной наибольшего изъятия снега, так как ее возникновение обусловлено не повышенной скоростью ветра, а близостью к лесной полосе [140]. Снежные сугробы в лесных полосах формируются в наибольшей степени за счет изъятия снега из этой зоны. На наших площадках мощность снега в этой зоне (80—150 м от края лесополосы) колебалась от 18 до 30 см, в то время как в нижней части площадок она составляла 35—45 см. Это обусловило различную последовательность обнажения почвы и значительные колебания величин смыва. Защитная роль стерни при продольной вспашке была значительно ниже, чем если бы рыхление проводилось поперек склона.

Из табл. 21 видно, что величина смыва мало зависит от размеров стока. Это объясняется в основном тем, что до момента появления проталин стекает практически прозрачная вода, а по мере обнажения почвы от снега ее мутность возрастает. Слой стока, практически обуславливающий смыв на последнем этапе снеготаяния, при равномерном распределении и сходе снега обычно выражается величиной 14—28 мм [137]. В данном же случае из-за повышенных скоплений снега в верхней части площадок он колебался от 30—35 до 50 мм, или от 39 до 51 %. Поэтому средняя расчетная концентрация твердого стока (КТС), характеризующая интенсивность смыва, имеет обратную связь с величиной стока.

Бросается в глаза большая разница между показателями смыва, учтенного по методу водородин и по твердому стоку. В последнем случае смыв меньше на обычной пахоте в 4 и 5,9 раза, а при безотвальном рыхлении в 7,6 и 11,8 раза. Интенсивность выноса, согласно замерам мутности на водосливах, варьировала в широких пределах, однако мутность не превышала 15,4 кг/м³. При вычислении средней КТС вошли и наносы, задержанные в борозде перед валом.

Как видно, результаты определения смыва двумя методами резко отличаются между собой. Причина их кроется в грубоści, неточности метода водородин, особенно когда замеры производятся на продольной пахоте. В этом случае к действительной величине смыва прибавляется часть пустого пространства межгребневых понижений, и в результате замеров «смыва» оказывается очень сильно преувеличенным. Величины смыва, учтенные по методу водородин, имеют лишь относительное значение.

Участок № 2, северо-восточный склон с ложбинами. Участок находится в нижней части длинного поло-

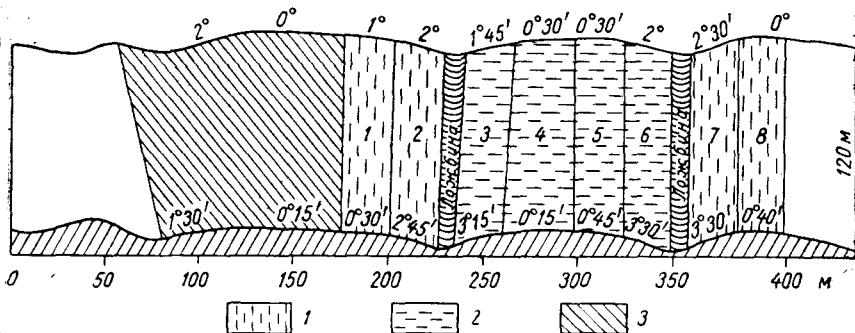
Таблица 21

Смыв почвы на различных вариантах зяблевой вспашки

Характер зяблевой обработки	Сток (мм)	Смыв (м ³ /га)			Средняя расчетная КТС (кг/м ³)	Средняя КТС на-блоденная (кг/м ³)	Твердый сток
		1-й профиль, 40 м от верхней границы	2-й профиль, 100 м от верхней границы	3-й профиль, 180 м от верхней границы			
Вспашка поперек склона на 25—27 см	37,2	5,2	11,0	—	8,1	8,1	21,2
Вдоль склона на 25—27 см	44,2	7,1	18,4	20,9	15,5	35,1	—
	68,4	5,4	21,1	22,7	16,4	24,0	—
	83,5	8,5	11,6	15,5	11,9	16,0	14,3
	90,4	15,8	15,7	10,3	13,9	2,94	2,94
	103,4	13,1	37,0	16,6	22,2	15,4	3,53
То же, на глубину 32—35 см	53,8	9,5	19,1	23,2	17,3	21,4	—
	75,6	10,4	17,2	28,7	18,8	32,2	—
	76,8	3,7	14,4	20,8	13,0	24,9	3,19
Рыхление без оборота пласта на 32—35 см	101,7	13,2	15,1	8,6	12,3	12,6	4,22
То же, на глубину 12—15 см	123,7	5,5	12,5	20,8	12,9	16,9	—
	127,4	12,6	14,5	6,4	11,2	12,1	1,61
						10,4	1,09
						8,8	0,88
						—	—

гого склона, изрезанного древними ложбинами. Подобные склоны в Куйбышевском Заволжье распространены широко [141]. Опыт, который здесь проводился, имел целью выявить влияние направления зяблевой вспашки на сток талых вод в условиях расчлененности поля ложбинами (рис. 9). Почва участка — чернозем типичный слабовыщелоченный тяжело-суглинистый на желто-бурой лёссовидной глине. На межложбинных водоразделах почва очень слабосмытая (мощность горизонта A+B₁ равна 62 см), на микросклонах ложбин — слабо- и среднесмытая, а на их днищах сильносмытая.

На склонах с ложбинами снежный покров распределяется крайне неравномерно: в ложбинах накапливается гораздо



Масштаб горизонтальный 1 : 1000, вертикальный 1 : 125.

Рис. 9. Схема опытного участка № 2 с ложбинами (район Тимашево, 1957 г.).

Вспашка: 1 — вдоль склона, 2 — поперек склона, 3 — косая гребнистая под углом 30° к оси ложбины.

больше снега, чем на возвышенных участках между ними. При частом расположении ложбин (70—100 м между тальвегами) запасы снега на межложбинных водоразделах составляют по высоте лишь 20—25% его запасов в самих ложбинах, и снежный покров сходит здесь на второй или третий день таяния. Неодинаковое увлажнение почвы на склонах с ложбинами и разная степень ее смытости обусловливают обычно пестроту урожая: при слабой и средней смытости почвы в ложбине урожай здесь бывает значительно выше, особенно в засушливые годы, при сильной и особенно весьма сильной смытости он намного ниже. Неравномерность снегоотложения была обусловлена также наличием на верхней границе участка лесной полосы плотной конструкции, благодаря которой на верхнюю часть площадок наложился снежный шлейф; его мощность у верхней границы площадок составляла 150—200 см, а на расстоянии 30—35 м от нее — около 40—80 см. Это оказало влияние на последовательность схода снега и величину стока.

Таблица 22

Просачивание и сток на типичном тяжелосуглинистом черноземе в 1957 г.
(северо-восточный склон с ложбинами)

Но- мер пло- щадки	Характер зяблевой вспашки	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Просочи- лось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Модуль стока (л/с с 1 га), сред/макс.
4	Поперек склона на 25—27 см	190	155,0	35,0	0,184	$\frac{1,6-0,74}{4,1}$
5	То же	200	147,9	52,1	0,260	$\frac{2,4-0,91}{4,6}$
1	То же, вдоль склона	214	165,5	49,2	0,230	$\frac{2,6-0,96}{6,2}$
8	То же	135	102,1	32,9	0,244	$\frac{1,0-0,77}{9,3}$
3	Вдоль микроскло- на ложбины, падение на Ю-В	225	101,0	124,0	0,551	$\frac{2,2-1,52}{9,6}$
6	То же, падение на С-З	254	108,6	145,4	0,574	$\frac{2,5-1,73}{12,0}$
7	Поперек микро- склона ложбины, падение на Ю-В	148	98,4	49,6	0,335	$\frac{1,0}{9,9}$
2	То же, падение на С-З	278	113,1	164,9	0,593	$\frac{2,9-2,27}{13,8}$
	Среднее для меж- ложбинной пло- щади	185	142,7	42,3	$0,229 \pm 0,022$	$\frac{1,9-0,85}{5,8}$
	Среднее для зоны ложбин	226	105,0	121,0	$0,513 \pm 0,083$	$\frac{2,2-1,63}{11,3}$
	Среднее по уча- стку	206	128,4	81,6	0,396	$\frac{2,0-1,24}{8,6}$

Примечания. 1. Средний по вариантам коэффициент стока при вспашке поперек и вдоль склона равен соответственно 0,222 и 0,237, а $HCP_{0,95}=0,066$; разность коэффициентов не существенна. Влияние направления вспашки микросклонов ложбин на коэффициент стока не установлено: $HCP_{0,95}=0,249$. Большое значение $HCP_{0,95}$ объясняется сильным влиянием влагозапасов в снеге на сток.

2. Продольный уклон площадок 1,3°.

КОЖЕМОЙ

Данные по стоку талых вод представлены в табл. 22. Сток на площадках с поперечной и продольной вспашкой был приблизительно одинаковый. Уменьшение стока на четвертой площадке связано главным образом с ее расширением книзу, благодаря чему на ней лучше поглощалась подтекавшая вода. На площадках, расположенных на микросклонах ложбин, сток во всех случаях направлялся вдоль микросклона к боковому валу и далее в направлении основного склона вниз. Из данных табл. 22 видно, что сток на микросклонах в зоне ложбин в трех случаях был очень сильный при коэффициентах 0,528; 0,574; 0,593. Большим запасам снеговой воды соответствует и более высокий коэффициент стока.

На основании приведенных данных и визуальных наблюдений можно заключить, что обычная пахота, характеризующаяся слабой гребнистостью, не играет существенной роли в придании определенного направления стоку талой воды на склонах с ложбинами. В целях лучшего использования снеговой воды, сосредоточенной в ложбинах, и повышения влажности почвы на межложбинных водоразделах в засушливых условиях наиболее целесообразно на таких склонах проводить косую гребнистую вспашку (под некоторым углом к оси ложбин, рис. 9).

При сопоставлении обобщенных показателей стока в зоне ложбин и на межложбинной площади видна большая разница между ними: сток в ложбинах почти в 3 раза, а его коэффициент в 2,3 раза больше, чем на межложбинной площади. Это объясняется повышенным скоплением здесь снега, особенно около лесополосы, и концентрированным сбросом воды, а также повышенной эродированностью почвенного покрова на ложбинах.

Средние модули стока, вычисленные отдельно за первую часть периода, когда сток поступал со всей площадки (первая цифра в числителе), и за весь период снеготаяния, включая и время поступления стока только из снежного шлейфа лесополосы (вторая цифра в числителе), были довольно большие и колебались от 1,0—0,77 до 2,9—2,27 л/с с 1 га. Максимальные модули на межложбинной площади с поперечной пахотой составляли 4,1—4,6 л/с, а с продольной пахотой — 6,2—9,3 л/с с 1 га; на склонах ложбин они колебались от 9,6 до 13,8 л/с с 1 га.

Как же повлияло наличие снежного сугроба в верхней части площадок на величину и коэффициент стока и на гидрологию нижележащего поля? Мы попытались расчленить сток на два периода: 1) когда он формировался за счет таяния снега на всей площадке и 2) после схода снега с большей части площадок, когда сток поступал только из снежного сугроба. Данные за первый период изложены в табл. 23.

На основании данных табл. 22 и 23 можно заключить, что наличие снежного сугроба в верхней трети площадок, расположенных на межложбинной площади, способствовало увеличению

Таблица 23

Просачивание и сток на участке № 2 за первый период снеготаяния
(1957 г.)

Номер площадки	Характер зяблевой вспашки	Запас воды в снеге + осадки весны (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
4	Поперек склона	106	85,3	20,7	0,195
5	То же	112	88,2	23,8	0,213
1	Вдоль склона	120	93,2	26,8	0,240
8	То же	82	65,0	17,0	0,207
3	Вдоль микроСклона ложбины, падение на Ю-В	143	55,0	88,0	0,615
6	То же, падение на С-З	173	72,0	101,0	0,584
7	Поперек микроСклона ложбины, падение на Ю-В	104	71,6	32,4	0,312
2	То же, падение на С-З Среднее для межложбинной площади Среднее для зоны ложбин Среднее по участку	177 105 149 127	72,0 82,9 67,4 72,0	105,0 22,1 81,6 51,9	0,593 $0,214 \pm 0,018$ $0,526 \pm 0,110$ 0,409

стока почти в 2 раза, однако при этом коэффициент стока почти не увеличился. Это свидетельствует о весьма интенсивном просачивании в почву талой воды под сугробом: величина просачивания составила здесь около 300—340 мм. Таким образом, 80% талой воды сугроб отдал почве главным образом в месте своего залегания, а остальные 20% пошли на сток. За счет этого почти в 2 раза повысилась величина стока в поле, хотя несколько увеличилось и увлажнение почвы.

Очевидно, что скопление около лесных полос больших снежных сугробов — явление отрицательное как с точки зрения равномерного распределения влаги на полях, так и борьбы с эрозией. В зоне ложбин со смытыми почвами относительная водорегулирующая роль снежных сугробов несколько выше, однако и здесь величина стока возросла за счет сугроба в среднем на 33 мм, или на 37,5%. Чрезмерное увлажнение почвы в приопущенной зоне не может быть оправдано урожаем и поэтому нецелесообразно. Наоборот, ее переувлажнение приводит к некоторому снижению урожая в ближайшей приопущенной полосе вследствие уплотнения почвы и подавления микробиологической деятельности в весенний период [140].

Сопоставление весеннего стока на двух участках в многоводном 1957 г. показывает, что в зависимости от характера

почвенного покрова и степени его эродированности, от выраженности ложбин, распределения снега и других факторов его размеры могут варьировать на территории в широких пределах. Все сказанное относится к зяби. В маловодные годы, когда сток с зяби незначительный или полностью отсутствует, аналогичная картина распределения стока в зависимости от указанных факторов может иметь место на уплотненной пашне и на выгонах.

Весенний сток в 1959—1970 гг. изучали в Заволжье на Поволжской АГЛОС (под руководством и при участии автора Л. Г. Боченко, 1959 г.; Г. С. Бобров, 1960—1962 гг.; В. П. Пастушков, 1963—1964 гг.; В. И. Панов, 1964—1970 гг. и И. И. Гункин, 1966—1970 гг.). Почвенный покров здесь представлен преимущественно обыкновенным тяжелосуглинистым и глинистым черноземом с содержанием гумуса в пахотном горизонте несмытых и слабосмытых разновидностей 7,0—7,2%, а среднесмытых — около 5,5—6,0% [150].

Рассмотрим гидрометеорологические условия формирования и показатели стока с различных сельскохозяйственных угодий по годам (табл. 24).

1958-59 г. Почва ушла в зиму в слабоувлажненном состоянии. Зима была умеренно холодная, без сильных оттепелей; глубина промерзания почвы на зяби и на многолетних травах составляла 15—20 см, а на озимых, где влажность была выше, около 40 см. Весенне снеготаяние в 1959 г. началось 25 марта, и снег полностью сошел 14—16, а в лесных полосах 25—28 апреля. Лишь при толщине снега 60 см (запас воды 170 мм) в конце снеготаяния на участке среднесмытой почвы отмечалось местное передвижение талой воды. Можно полагать, что запас снеговой воды 180—190 мм и больше обусловил бы образование небольшого стока с зяби на среднесмытой почве. Такие водозапасы наблюдаются лишь в зоне лесополосных шлейфов и в хорошо выраженных ложбинах. На заборонованной зяби в местах, где толщина снежного покрова составляла около 40 см (110—115 мм), наблюдался местный сток и талая вода рядом впитывалась в почву. При запасах воды в снеге около 120—130 мм здесь, по-видимому, сформировался бы сток.

Площадка с многолетними травами примыкала к лесной полосе, и на ее нижнюю часть налегал снежный шлейф, толщина которого в приопущенной зоне достигала 150—210 см (500—700 мм воды). В верхней и средней частях площадки, где запасы снеговой воды не превышали 130 мм, стока не было или он был незначительный, а в нижней, несмотря на то, что почва в основном была талая, при толщине снежного покрова более 70—80 см он был. Его величина на нижней части площадки составила 128 мм (коэффициент стока 0,217). На полях с озимыми, посевными по черному пару, визуально наблюдался значительный сток, что объясняется большим предзимним увлажнением почвы. На склоне 1,5° с озимой рожью

Таблица 24

**Просачивание, сток и смык на обыкновенных черноземах
Поволжской АГЛОС в период 1959—1965 гг.**

Агротехнический фон	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Прососилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Смык по твердому стоку (кг/га)
1959 г. Южный склон крутизной 1,5—2°; почва слабосмытая					
Зяблевая вспашка на 25—27 см (3)	65	65	0	0	0
Травосмесь 3-го года	278	246	32	0,115	0
	124	124	0	0	0
	590	462	128	0,217	0
1960 г. Южный склон крутизной 2°					
Зяблевая вспашка на 20—22 см (3)	82	82	0	0	0
1961 г. Южный склон крутизной 2°					
Зяблевая вспашка на 22—25 см (5)	68	68	0	0	0
1962 г. Западный склон крутизной 3°; почва слабо- и среднесмытая					
Зяблевая вспашка на 25—27 см (3)	51	51	0	0	0
Зябь заборонованная в четыре следа	40	40	0	0	0
1963 г. Юго-восточный и западный склоны крутизной 2°; почва слабо- и среднесмытая					
Вспашка на 25—27 см (2)	104	104	0	0	0
То же + боронование в четыре следа	69	69	0	0	0
Эспарцет 2-го года	138	109,2	24,8	0,180	не опр.
Озимая рожь	211	211	0	0	0
1964 г. Северо-западный склон крутизной 2 и 3°; почва слабо- и среднесмытая					
Вспашка поперек склона на 25—27 см	174	138,7	35,3	0,203	134
То же, вдоль склона	166	128,9	37,1	0,223	230
Вдоль склона на 20—22 см	187	134	53,0	0,283	514
Озимая рожь	154	92,4	61,6	0,399	618
Целина (выгон)	116	60,5	55,5	0,478	233
Юго-восточный склон крутизной 2,5°; почва средне- и сильносмытая					
Гребнистая вспашка поперек склона на 25—27 см	152	140,5	11,5	0,076	37
Зябь, заборонованная в два следа	161	111,4	43,6	0,271	651

Агротехнический фон	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Смыг по твердому стоку (кг/га)
Южный склон крутизной 1,5°; почва очень слабосмытая					
Озимая пшеница	105	80,9	24,1	0,230	215
1965 г. Юго-восточный склон крутизной 2,5°					
Вспашка поперец склона на 20—22 см	93	93,0	0	0	0
То же, вдоль склона	103	100,4	4,6	0,045	4
То же + боронование в два следа	83	70,8	12,2	0,147	18
Вспашка на 27—30 см	84	84,0	0	0	0
То же + боронование в два следа	108	104,7	3,3	0,031	3
Стерня	127	94,6	32,4	0,255	62
Пастбище	142	76,4	65,6	0,462	126
Средние за период:					
зябь	90	85,0	5,0	0,031	
уплотненная пашня	173	135,0	38,0	0,247	

Примечание. Размеры стоковых площадок следующие: в 1959—1961 гг. 0,20—0,25 га, в 1962 г. 0,1 га, в 1963 г. 0,092 га, в 1964 г. 0,17—0,19 га, в 1965 г. 0,14—0,16 га.

(рядки вдоль склона) при длине линий стока около 400 м смыг, учтенный по водородам, равнялся 8,4 м³/га.

1959-60 г. В сентябре и октябре выпало 154 мм осадков (214% нормы), однако до наступления морозов (3 ноября) влага успела просочиться вглубь и влажность почвы находилась на уровне наименьшей влагоемкости. Зима была умеренно холодная. В декабре, январе и феврале имели место слабые оттепели без дождей. Глубина промерзания почвы достигала на зяби 70—75 см, на озимых и многолетних травах 55—60 см. Весна была затяжная: снеготаяние началось 22 марта и с небольшими перерывами продолжалось до 14 апреля.

Как видно из табл. 24, в 1960 г. сток на зяби не сформировался. На соседних полях колхоза им. 1 Мая на нижних отрезках склонов с ложбинами и сильносмытыми почвами по ложбинам имел место небольшой сток, и смыг в них достигал 5—6 м³/га. Согласно визуальным наблюдениям, на многолетних травах и на озимых сток был значительный. Он наблюдался также из лесных полос и околоволосных шлейфов, где высота снежных сугробов составляла 150—210 см, а запасы снежной воды колебались от 500 до 700 мм; талая вода, стекавшая вниз по склону с зяблевой пахоты, увлажняла почву в зоне до 50—80 м. На озимых смыг составлял около 7 м³/га.

1960-61 г. Осень была умеренно влажная, и до наступления устойчивых морозов гравитационная влага успела просочиться вглубь. Из-за неустойчивой погоды снежный покров сформиро-

вался лишь в третьей декаде января. К середине марта почва промерзла до 60—70 см. Весенное снеготаяние проходило во второй половине марта, а в приопушечной зоне лесополос снег растаял 8—10 апреля. Сток с зяби не было. На полях колхоза им. 1 Мая на нижних отрезках склонов крутизной 3—6°, где смытость почвы варьирует от средней степени до сильной и весьма сильной, сток был небольшой и смыв колебался от 0,5 до 4 м³/га; в ложбинах смыв достигал 5,5 м³/га. Таким образом, лишь на средне- и сильносмытых почвах при более мелкой зяблевой пахоте имел место очень слабый сток и небольшой смыв.

1961-62 г. Ранняя осень была влажная, в дальнейшем погода была сухая. Устойчивый снежный покров образовался во второй половине декабря. Зима была теплая с многочисленными оттепелями. Глубина промерзания почвы достигала 70 см. Весна началась рано и была затяжной. В этом году сток с зяби полностью отсутствовал, включая и зону у снежных шлейфов, где запасы снеговой воды составляли 300—350 мм и больше; его не было также на зяби, заборонованной в четыре следа. Из лесных полос, где почва уплотнена, наблюдался незначительный сток. На колхозных полях при уклонах 3—4° и средней степени смытости почвы стока также не было, а на отрезках склонов с сильносмытыми почвами наблюдался небольшой сток и смыв достигал 6 м³/га. Глубина вспашки на этих участках была меньше нормальной.

1962-63 г. Осень была сухая, а зима холодная, без оттепелей; к концу февраля глубина промерзания почвы (проникновения отрицательной температуры) достигла 130 см (по мерзлотомеру МД-2). Почва была слабо увлажнена. Снеготаяние началось 4 апреля и в течение 11—16 апреля поля обнажились от снега. Сток отсутствовал на всех видах зяблевой пахоты, а также на озимых, что наблюдается довольно редко. Полное поглощение талых вод мерзлой почвой обусловлено слабым предзимним увлажнением почвы, сохранившимся на том же уровне до начала весеннего снеготаяния. На площадке с эспарцетом 2-го года пользования, где почва была уплотнена в результате выпаса скота, наблюдался значительный сток (24,8 мм при коэффициенте стока 0,185). Из лесных полос в 1963 г. стока не было.

1963-64 г. Поздняя осень 1963 г. была очень влажная: в октябре выпало 62 мм, в ноябре 61 мм осадков и почва замерзла в сильно увлажненном состоянии. Зима установилась в конце ноября, однако высота снежного покрова первое время была небольшой и лишь в конце декабря возросла до 14—20 см. В декабре и в январе наблюдались оттепели, а во второй половине февраля и в марте морозы достигали 30—34°C. Глубина промерзания почвы варьировала (по кристалликам льда) от 90 до 125 см. Весна была поздняя, затяжная. Сток проходил с 6 по 19 апреля.

На основании данных табл. 24 можно отметить, что по характеру половодья 1964 год стоит в числе выдающихся за последнее десятилетие; он уступает в этом отношении лишь 1957 году. На слабо- и среднесмытой почве северо-западного склона при глубине вспашки 25—27 см сток равнялся 35,3 и 37,1 мм, а при глубине вспашки 20—22 см — 53 мм. На юго-восточном склоне сток с гребнистой зяби (глубина 25—27 см) был слабый — 11,5 мм, а по зяби с боронованием в два следа довольно сильный — 43,6 мм. Значительная разница в стоке на двух склонах связана главным образом с разницей в снегозапасах. Сток с озими и с целины (выгон) на северо-западном склоне был сильный, а на южном склоне с очень слабосмытой почвой в сети лесополос — умеренный. Меньший сток на последнем объекте объясняется лучшими почвенными условиями, а также меньшими запасами здесь снеговой воды. Средний модуль стока с зяби варьировал от 0,54 до 0,90 л/с, а максимальный соответственно от 2,17 до 5,35 л/с с 1 га; средний модуль стока с озимой ржи равняется 1,03, максимальный 7,46 л/с, а с заборонованной зяби 1,81 и 12,74 л/с с 1 га. Это очень большие модули.

Смыв почвы на стоковых площадках, учтенный по твердому стоку, в 1964 г. был сравнительно небольшой. На обычной и выровненной зяби и на озимой ржи, где наблюдался наибольший сток, он составлял 514, 651 и 618 кг/га; средняя мутность сточной воды равнялась соответственно 0,97; 1,49 и 1,0 кг/м³. На других вариантах осенней обработки почвы и угодьях величины смыва были еще меньше. Это объясняется, с одной стороны, тем, что сток проходил по мерзлой почве, а с другой — равномерным распределением снежного покрова и приблизительно одновременным его сходом.

1964-65 г. Осенью 1964 г. выпало всего 52 мм осадков и почва ушла в зиму в сильно иссушенному состоянии. В период с 8 ноября по 18 декабря стояла неустойчивая погода: выпавший снег таял и вода просачивалась в почву; на уплотненных угодьях образовалась несплошная ледяная корка. Устойчивый снежный покров сформировался 19 декабря. Глубина промерзания почвы (по криталликам льда) к концу зимы на зяблевой пахоте колебалась от 35 до 66 см, а на пастбище составляла 70—72 см.

Сток проходил в период с 26 марта до 3 апреля. На обычной и глубокой зяби он отсутствовал или был очень слабый, с заборонованной зяби — слабый (12,2 мм). На участках стерни и на пастбищах сформировался умеренный и сильный сток. Смыв почвы в 1965 г. был небольшой: на зяблевой пахоте — вследствие незначительного стока, а на стерне и на пастбище — из-за слабой податливости почвы смыву. Средняя мутность воды не превышала 0,2 г/л.

Материалы, характеризующие элементы водного баланса

и коэффициенты стока на сельскохозяйственных угодьях Поволжской АГЛОС за период 1966—1970 гг., изложены в табл. 25.

1965-66 г. Осенью выпало 87 мм осадков (меньше нормы), зима была неустойчивая; холодная погода прерывалась сильными оттепелями, что способствовало дополнительному увлажнению почвы и ее замерзанию в сильноувлажненном состоянии; получила распространение ледяная корка. Глубина промерзания почвы, согласно показаниям мерзлотометров, составляла 130—140 см.

На нормальной зяби сформировался сильный сток (в среднем 42,5 мм при коэффициенте стока 0,304), а на глубокой — слабый (12,2 мм). Сток с уплотненной пашни также был сильный (около 50 мм).

1966-67 г. Осень была очень засушливой, а зима холодной, без сильных оттепелей, поэтому почва оставалась в слабоувлажненном состоянии до начала весеннего снеготаяния, что благоприятствовало впитыванию талых вод (отрицательные температуры проникали в почву глубже 150 см). Сток с зяби в этом году практически отсутствовал, а на уплотненной пашне он был слабый и умеренный (13 и 22 мм) при сравнительно небольших коэффициентах стока.

1967-68 г. Сумма осадков в осенние месяцы составила 90 мм, однако значительная часть их выпала в предзимнее время и почва замерзла в сильноувлажненном состоянии. В дальнейшем из-за сильных оттепелей образовалась ледяная корка. Глубина промерзания почвы достигала 140—150 см и больше (по мерзлотометрам). Сток с зяби на средне- и сильноосмытых почвах составлял 30 мм (коэффициент стока 0,434 на нормальной пахоте и 0,371 на глубокой), а на слабосмытой почве под защитой лесной полосы, обеспечившей устойчивость снежного покрова во время оттепелей, 13,7 мм (коэффициент стока 0,077). Сток с уплотненной пашни варьировал от 56 до 104 мм, а коэффициенты стока от 0,231 (под защитой лесополосы) до 0,617.

1968-69 г. Гидрометеорологические условия этого года характеризовались очень засушливой осенью (сумма осадков 41 мм) и очень холодной зимой без существенных оттепелей при малом количестве зимних осадков. Отрицательные температуры проникали в почву глубже 150 см. Весенний сток с зяби полностью отсутствовал, а на уплотненной пашне он был очень слабый.

1969-70 г. Осадков осенью выпало больше нормы — 119 мм, и почва замерзла в увлажненном состоянии. Зимой имели место сильные оттепели, обусловившие образование ледяной корки, особенно на участках уплотненной пашни. Глубина промерзания почвы составляла (по мерзлотометрам) 136—147 см. Сток с зяби в 1971 г. был слабый и умеренный; на нормальной зяби он равнялся в среднем 16,2 и 23 мм, на глубокой 10,2 мм; по плоскорезной и безотвальной обработке он был несколько

Таблица 25
Просачивание и сток на черноземах Поволжской АГЛОС в период
1966—1970 гг.

Агротехнический фон	Запас воды в снеге + осадки весны (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1966 г.				
Зяблевая вспашка на 20—22 см	140	97,5	42,5	0,304
То же, на 28—30 см	132	119,8	12,2	0,092
Стерня	188	138,1	49,9	0,260
1967 г.				
Вспашка на 20—22 см	51	50,7	0,3	0,006
То же, на 28—30 см	51	51,0	0	0
Многолетние травы	108	86,2	21,8	0,202
Стерня кукурузы	112	98,8	13,2	0,118
1968 г.				
Вспашка на 20—22 см	67	37,7	29,3	0,434
То же, на 28—30 см	82	51,6	30,4	0,371
То же, на 25—27 см	177	163,3	13,7	0,077
Озимые	247	187,6	56,4	0,231
Многолетние травы	169	87,7	81,3	0,481
Пастбище	153	48,8	104,2	0,617
1969 г.				
Вспашка на 20—22 см	61	61	0	0
То же, на 28—30 см	54	54	0	0
Многолетние травы	74	68	6	0,081
1970 г.				
Вспашка на 20—22 см	91	74,8	16,2	0,178
То же, на 28—30 см	82	71,8	10,2	0,124
То же, на 23—25 см	120	97,0	23,0	0,191
Плоскорезная обработка поперек склона на 28—30 см	94	77,8	16,2	0,172
Безотвальное рыхление вдоль склона на 28—30 см	86	67,0	19,0	0,220
Стерня кукурузы	117	31,0	86,0	0,735
Средние:				
зябь на 20—22 см	96	79,2	16,8	0,175
зябь на 28—30 см	80	69,4	10,6	0,132
Уплотненная пашня	136	88,0	48,0	0,330

Примечание. Площадки с зяблевой пахотой: уклон 2—3°, почва средне- и сильносмытая, площадь 0,2 га; площадки с уплотненной пашней: уклон 1,5—2°, почва слабо- и среднесмытая, площадь 0,37 га.

больше по сравнению с глубокой отвальной, однако плоскорезная обработка обеспечила большее задержание снега и дополнительное просачивание воды в почву. На стерне кукурузы сформировался очень сильный сток — 86 мм при коэффициенте стока 0,735. Средний за период 1966—1970 гг. сток с нормальной зяби составляет 16,8 мм, с глубокой зяби 10,6 мм и с уплотненной пашни 48 мм при коэффициентах стока соответственно 0,175, 0,132 и 0,330.

Смыг почвы на стоковых площадках, учтенный В. И. Пановым по твердому стоку, характеризуется данными табл. 26.

Таблица 26

Смыг почвы на сельскохозяйственных угодьях Поволжской АГЛОС

Год	Акрофон	Вынос почвы (кг/га)	Средняя мутность (кг/м³)	Год	Акрофон	Вынос почвы (кг/га)	Средняя мутность (кг/м³)
1966	Зябь	240	1,10	1968	Озимь	100	0,18
	Стерня	680	1,36		Многолетние травы	153	0,19
	Стерня кукурузы	66	0,50		Зябь	750	3,26
	Многолетние травы	30	0,14		Стерня кукурузы	1440	1,67

Из этих данных видно, что вынос почвы был сравнительно небольшой.

Осредненные показатели по влагозапасам и стоку на двух участках Заволжья представлены в табл. 27. Из этой, а также из вышеприведенных таблиц следует, что за период 1952—1958 гг. лишь в 1957 г. на зяби сформировался сильный и очень сильный сток; один год он был слабый и четыре года полностью отсутствовал или был очень слабый. Средняя его величина составляла 13,1 мм при коэффициенте стока 0,091. Средний сток с уплотненной пашни равнялся 64,6 мм, а коэффициент стока 0,470; отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}=5,16$.

Период 1959—1965 гг. был очень маловодный, лишь в 1964 г. на зяби был умеренный и сильный сток, а в остальные годы его совсем не было или он был очень слабый (один год), и средняя за период его величина равнялась 5 мм при коэффициенте стока 0,031. На уплотненной пашне за четыре года эти показатели составляют соответственно 38 мм и 0,247. Последний пятилетний период был многоводный: три весны было со слабым и умеренным стоком с зяби и две весны практически без стока, средняя за период его величина на зяби равнялась 13,7 мм (коэффициент стока 0,119), а по уплотненной пашне 48 мм (коэффициент 0,330). Средний за 12 лет сток с зяби на Поволжской АГЛОС составил 8,6 мм и с уплотненной пашни

Таблица 27
Средние показатели стока на черноземах Куйбышевского Заволжья

Год	Зябь			Уплотненная пашня		
	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
Тимашевский участок ВНИАЛМИ						
1952	120	1,5	0,012	110	4,7	0,043
1954	118	4,7	0,040	128	70,5	0,551
1955	99	10,0	0,101	93	80,3	0,863
1956	218	0	0	233	41,7	0,179
1957	163	60,1	0,375	179	155,2	0,867
1958	121	2,1	0,017	112	35,3	0,315
Средние	140	13,1	0,091	143	64,6	0,470
$K_{\pi}/K_p = 5,16$						
Поволжская АГЛОС ВНИАЛМИ						
1959	65	0	0	278	32,0	0,115
1960	78	0	0	—	—	—
1961	68	0	0	—	—	—
1962	51	0	0	—	—	—
1963	104	0	0	138	12,4	0,090
1964	170	33,6	0,198	140	58,5	0,418
1965	93	1,5	0,016	135	49,0	0,363
1966	136	27,3	0,198	188	49,9	0,260
1967	51	0,2	0,004	110	17,5	0,159
1968	109	24,5	0,225	189	80,6	0,416
1969	58	0	0	74	6,0	0,081
1970	98	16,5	0,168	117	86,0	0,735
Средние	90	8,6	0,066	152	43,5	0,293
$K_{\pi}/K_p = 4,44$						

Примечание. За 1952 г. включены данные И. А. Кузника.

43,5 мм, а средние за 18 лет по двум участкам — соответственно 10,1 мм и 52 мм; отношение K_{π}/K_p за весь период равно 4,9.

На рис. 10 представлены кривые обеспеченности стока с зяби и уплотненной пашни. Кривая, характеризующая зябь, показывает, что сток в 20 мм и больше обеспечен на 23%, а сток в 10 мм — на 33%. Иначе говоря, сток с зяби в 10 мм и больше на обычновенных и типичных черноземах Заволжья, сформировавшихся на сыртовых глинах и характеризующихся слабой и средней степенью смытости, наблюдается в среднем 3,3 раза в 10 лет; в остальные годы он очень слабый или отсутствует. Мы полагаем, что углублением зяблевой вспашки можно достичь значительного уменьшения стока и он в десятилетие будет лишь в 2—2,5 раза превышать 10 мм. На кривой для уплотненной пашни видно, что сток 70%-ной обеспеченности превышает 33 мм, а 30%-ной обеспеченности больше 70 мм.

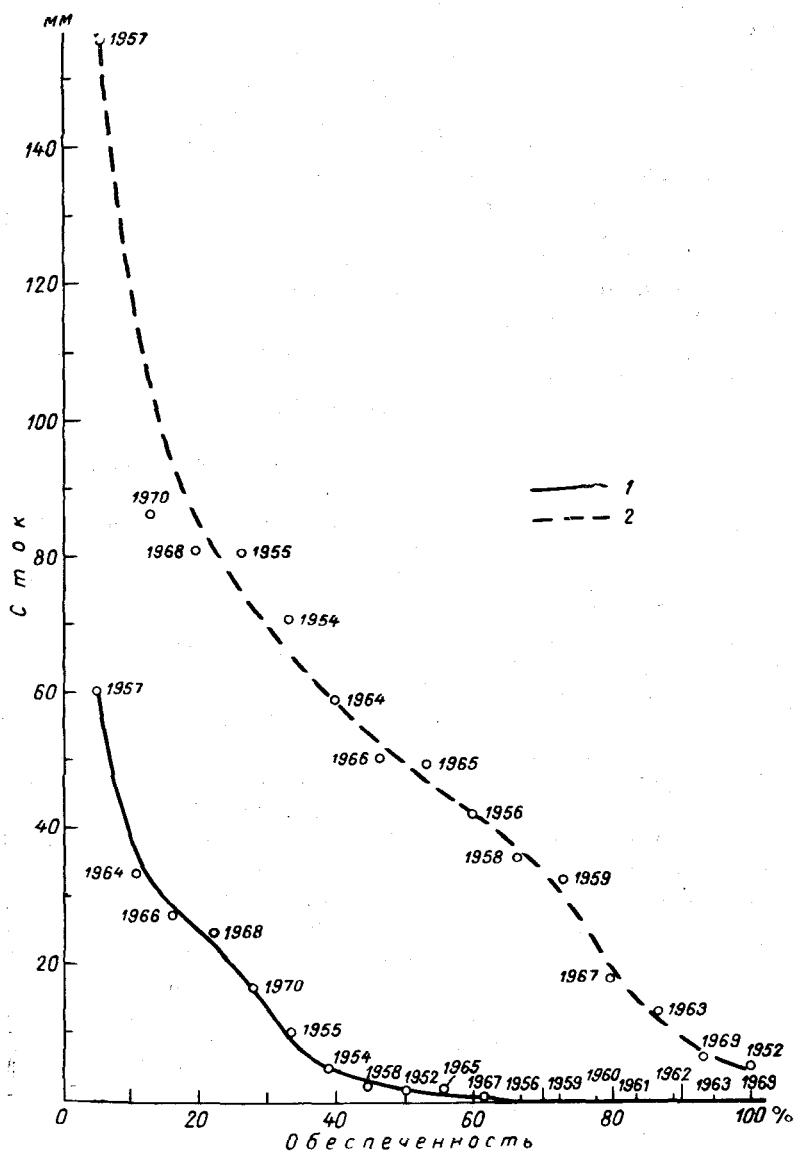


Рис. 10. Кривые обеспеченности стока на черноземах Куйбышевского Заволжья.

Сток: 1 — с зяби, 2 — с уплотненной пашни.

Сопоставим результаты экспериментальных исследований стока талых вод на черноземах Заволжья. Величины стока с зяби представляют собой среднее из наблюдений на пахоте поперек и вдоль склона, а также по пласту и на старопахотных участках. В последний период (1957—1970 гг.) они отражают сток с нормальной и более глубокой зяблевой пахоты. Поскольку стоковые площадки располагались на склонах, где залегают в разной степени смытые почвы, то полученные показатели стока несколько выше, чем они должны быть на целых водосборах в случае их распашки под зябь. Сток с уплотненной пашни является средним арифметическим из его величин с озимых, многолетних трав, стерни и залежи, а в некоторых случаях — величиной, найденной на одном из указанных видов пашни или угодий.

Было бы правильнее определить средневзвешенные показатели стока относительно площадей различных сельскохозяйственных угодий, но сделать это в настоящее время не представляется возможным. На основании табл. 16, характеризующей сток под Саратовом, можно заключить, что период 1924—1937 гг. был средним по водности, если давать оценку водности по стоку с зяби. В эти годы шесть весен было явно маловодных (сток на нормальной зяби в такие годы не формируется), в три другие весны сток с зяби предположительно был очень слабый и слабый и в три весны (1924, 1927 и 1929 гг.) умеренный и сильный. Можно полагать, что в условиях одинаковой культуры земледелия указанный период был бы с такой же водностью, как 1952—1965 гг. в Куйбышевском Заволжье.

За последующий 10-летний период (1942—1951 гг.) сведений о стоке с зяби в Заволжье не имеется. 10-летний период 1950—1960 гг. по условиям формирования стока на южных черноземах охарактеризован лишь частично (см. табл. 17), причем, как уже отмечалось, на основании этих данных нельзя сделать правильного заключения о размерах среднего стока с зяби.

И. А. Кузник [86], проанализировав данные по стоку на черноземах и каштановых почвах (включая материалы Энгельсской опытно-мелиоративной станции) с охватом большого периода времени, пришел к выводу, что норма стока с зяби при пахоте поперек склона в Центральном Заволжье составляет 8—12 мм. М. И. Львович [92], использовав также и материалы Института географии АН СССР по Ершовскому району Саратовской области, пришел к заключению, что средний сток с зяби за 1937—1940 и 1951—1956 гг. (10 лет) составляет 7 мм, а средний сток с залежи — 35 мм, т. е. в 5 раз больше. Средний сток с зяби на черноземах Куйбышевского Заволжья, сформировавшихся на сыртовых глинах, за период 1952—1970 гг. равняется 10,1 мм, т. е. близок к соответствующей величине по Саратовскому Заволжью.

Повышенный сток на зяби формируется три раза в 10-летие.

Средний сток с уплотненной пашни по Куйбышевской области (52 мм) значительно больше, чем по Саратовской. На черноземах южной лесостепи (Кинель-СХИ), образовавшихся на коренных породах, сток с зяби намного больше: в период 1952—1956 гг. он равнялся 36,6 мм (см. табл. 18), причем умеренный и сильный сток здесь формировался через год. Сток с уплотненной пашни здесь также сильнее, чем на черноземах степей.

Согласно карте среднего весеннего стока Д. Л. Соколовского, величина стока для района южнее, восточнее и северо-восточнее Куйбышева варьирует от 65 до 70 мм, т. е. она намного больше, чем полученная на стоковых площадках. Если принять, что площадь зяблевой пахоты в настоящее время составляет около 60% площади пашни (остальное падает на озимые, многолетние травы, сады и др.), то средняя величина стока с сельскохозяйственных угодий (без выгонов и пастбищ) будет равняться в среднем примерно 28 мм; соответствующая величина по участку Кинель-СХИ составляет около 53 мм. Как видно, разница очень большая. Аналогичная картина имеет место и в черноземном центре. Мы видели, что там за 14-летний период средний сток с зяби составляет 22,1 мм, а с уплотненной пашни 58,3 мм. Отсюда средневзвешенная величина его на сельскохозяйственных угодьях равняется 37 мм. Согласно же карте, средний весенний сток в этом районе выражается величиной 55—60 мм.

Причины столь значительных расхождений, на наш взгляд, кроются в следующем. Во-первых, средние величины весеннего стока на карте Д. Л. Соколовского, представленные изолиниями, получены в результате замеров паводковых расходов стока в малых реках и поэтому характеризуют сток с водосборов в целом, включая эродированные выгонные земли, гидрографическую сеть и овраги, дороги, населенные пункты и т. д., отличающиеся, с одной стороны, повышенной снегонакопительной, а с другой — стокообразующей способностью. Равномерное распределение слоя стока на всю площадь водосбора приводит к значительному увеличению его на пашне. Во-вторых, в последние полтора-два десятилетия значительно повысилась культура земледелия, в частности увеличилась глубина основной вспашки, что способствовало существенному сокращению стока по сравнению с предшествующим периодом. Некоторое влияние на возникновение указанной разницы в стоке могли оказывать и причины методического характера.

3. Каштановые почвы

Весенний сток на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья

Условия формирования стока талых вод на каштановых почвах, которые распространены в зоне сухих степей, имеют свои

особенности. С одной стороны, почвенный покров здесь характеризуется слабой водопрочностью структуры и способностью легко заплывать под влиянием дождевых осадков и талых вод, что благоприятствует формированию стока; с другой стороны, засушливость климата и значительный дефицит почвенной влаги в предзимний период создают благоприятные условия для просачивания талой воды в мерзлую почву, что нередко исключает сток. Однако наличие зимних оттепелей в ряде случаев компенсирует недостаточное предзимнее увлажнение почвы. Поэтому и на каштановых почвах в некоторые годы наблюдается довольно сильный сток с зяби, не говоря уже об уплотненной пашне.

Рассмотрим имеющиеся литературные данные, характеризующие сток на темно-каштановых и каштановых почвах. Весенний сток с различных сельскохозяйственных угодий в Саратовском Заволжье изучался Энгельсской опытно-мелиоративной станцией (ЭОМС) [85, 86] и Институтом географии АН СССР в колхозе им. XVIII партсъезда Ершовского района [91, 92, 106]. Результаты исследований сведены в табл. 28. На основании этих данных можно считать, что четыре года из шести сток с обычной зяби был очень слабый или его практически не было. 1955 год выделяется: в этом году сток варьировал от слабого до сильного, что связано с различными запасами снеговой воды и широким распространением ледяной корки.

Средняя величина стока с зяби на ЭОМС составила 2,7 мм при среднем коэффициенте стока 0,039, а в колхозе им. XVIII партсъезда 9,5 мм (коэффициент стока 0,119); средние показатели стока с уплотненной пашни и залежи равняются соответственно 35,2 мм (коэффициент стока 0,367) и 69,1 мм (коэффициент стока 0,676). Большое превышение средних показателей стока с зяби по указанному колхозу по сравнению с ЭОМС произошло главным образом за счет 1955 г., а с уплотненной пашни — за счет 1953 г., когда сток с залежи составил 118 мм; сыграли свою роль особенности почв и особенности гидрометеорологических условий на двух участках.

По данным Н. В. Разумихина и Г. В. Назарова [116], смыв почвы на Ершовском стационаре Института географии АН СССР, учтенный по твердому стоку, был небольшой; в среднем за четыре года он составил с зяблевой пахоты 69 кг/га, с уплотненной пашни 100 кг/га. Наибольший вынос почвы был в 1955 г. — с зяби 233 кг/га, с уплотненной пашни 164 кг/га.

Сток талых вод на каштановых почвах правобережья Нижней Волги (Камышинский опорный пункт)

Сток талых вод изучали на Камышинском опорном пункте ВНИАЛМИ и прилегающих городских землях. В 1946—1949 гг. эту работу проводил А. П. Шапошников, в 1948—1952 гг. — Г. П. Сурмач. Экспериментальные исследования

Таблица 28

Средние показатели стока с зяби и уплотненной пашни на темно-каштановых почвах Саратовской области

Год	Зябь (пласт и старопашня)			Уплотненная пашня и залежь		
	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	влагозапасы в снеге (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
Энгельсская опытно-мелиоративная станция [86]						
1951	61	4,5	0,074	95	76,0	0,80
1952	98	4,2	0,049	69	17,5	0,254
1953	65	0	0	74	19,3	0,261
1954	27	0,6	0,022	29	0,6	0,021
1955	73	7,1	0,097	95	62,9	0,662
1956	97	0	0	170	35,0	0,206
Средние	70	2,7	0,039	89	35,2	0,367
$K_{\text{пп}}/K_p = 9,2$						
Колхоз им. XVIII партсъезда Ершовского района [106]						
1953	82	4,6	0,056	120	118,0	0,983
1954	62	0,5	0,008	71	19,6	0,276
1955	77	30,5	0,393	101	76,5	0,764
1956	145	2,5	0,017	91	62,2	0,683
Средние	91	9,5	0,119	96	69,1	0,676
$K_{\text{пп}}/K_p = 5,7$						

Примечание. На ЭОМС сток изучали на стоковых площадках размером преимущественно 1—2 га и на водосборах от 5 до 198 га; уклон площадок колебался от 0,2 до 0,5°. В колхозе размеры стоковых площадок 0,75 га, уклон 1,4—1,8°.

В этот период велись преимущественно на западном склоне, падающем к суходолу Климушину, в районе Шиттовского сада и в самом саду. После значительного перерыва начиная с 1960 г. возобновили изучение стока на пункте и проводили его на участке «Свешников». Работу выполняли под руководством автора М. Д. Антипов (1960—1962 гг.) и Н. Е. Богулина (1963—1965 гг.). Учитывая, что систематические визуальные наблюдения дают возможность установить наличие или отсутствие стока с зяби и, кроме того, позволяют составить общее представление об интенсивности и размерах стока с других сельскохозяйственных угодий, мы приводим наряду с точными экспериментальными материалами и результаты визуальных наблюдений, фиксированных в полевых дневниках.

Почвенный покров окрестностей г. Камышина, включая опорный пункт, характеризуется чрезвычайной пестротой литологического состава, что связано с очень сложным геологическим строением местности [8, 99, 137] и разнообразием материнских пород. На склонах, падающих к глубоко врезавшейся

гидрографической сети, к поверхности выходят и служат материнскими породами трещиноватые опоки нижне-сызранского и верхне-сызранского ярусов; на них образовались в разной степени щебенистые каштановые почвы. Выше залегают пески саратовской и камышинской свит саратовского яруса палеоценца с прослойями синевато-серых глин и глауконитовых песчаников. В связи с этим и механический состав делювиальных отложений, покрывающих склоны, варьирует от тяжелых до легких суглинков и местами до супесей. На возвышенных водораздельных площадях пески уже в историческое время подвергались перевеванию вследствие разбивания дернины копытами животных, в связи с чем образовались котловины выдувания.

Все это наложило отпечаток на характер почвенного покрова: сформировались суглинистые, щебенисто-суглинистые, супесчаные, песчаные, щебенисто-песчаные и погребенные слоем песка почвы, сменяющие друг друга на коротком расстоянии. Поэтому сток изучался в весьма сложных почвенных условиях, на пашне, в саду, на выгонах, на залежи и целине. Поскольку наибольшее распространение на склонах имеют супесчаные и песчаные почвы, а также погребенные слоем песка каштановые суглинки, то преимущественно на них и закладывались стоковые площадки. Значительное внимание было уделено изучению стока в саду, заложенном в 1936 г. на крутых западном и северо-западном склонах по методу профессора Шитта; в нем ленты 10-метровой ширины с двумя рядами плодовых деревьев и кустарников (преимущественно яблоня, чередующаяся с золотистой смородиной) расположены через 20-метровые промежутки, которые постоянно содержались в черном пару.

В целях установления связи стока с гидрометеорологическими условиями его формирования в табл. 29 представлена выборка нужных данных об осадках по метеостанции Камышин за период 1950—1965 гг. В ней изложены материалы о количестве и характере осадков поздней осени и холодного периода. Анализируя данные этой таблицы с учетом сведений об оттепелях, можно распределить зимы указанного периода на четыре основных типа.

К первому типу (холодные и умеренно холодные без сильных оттепелей) можно отнести зимы 1952, 1953 и 1954 гг., ко второму типу (со значительным стаиванием во время оттепелей снежного покрова) зимы 1951, 1959, 1960, 1961, 1962, 1964 и 1965 гг., к третьему типу (с неустойчивым снежным покровом и слабым промерзанием почвы) зимы 1955 и 1958 гг. и к четвертому типу (с резкими переходами от сильных оттепелей к холодной погоде) зимы 1956, 1957 и 1963 гг. Наибольший сток талых вод при достаточно больших влагозapasах в снеге формируется после зимнего сезона с погодой четвертого типа. В такие годы и по зяблевой пахоте наблюдается значительный сток. Соотношение жидких и твердых осадков за ноябрь—март

Таблица 29

Распределение твердых и жидкого осадков осени и холодного периода по данным метеостанции Камышин за 1950—1965 гг.

Год наблюдений	Октябрь, мм	Количество осадков холодного периода по месяцам (мм)						Количество осадков за период (без апреля)	
		ноябрь	де-кабрь	январь	февраль	март	апрель	мм	%
1950-51	63,7	23,5 9,2	18,0 11,7	9,3 18,5	0 3,2	17,1 7,9	—	67,9 50,5	57,3 42,7
1951-52	32,2	11,5 13,0	2,8 4,0	0 13,3	0 15,1	11,4 17,1	6,8 2,0	25,7 62,5	29,1 70,9
1952-53	41,5	2,6 1,4	1,1 34,5	5,4 10,6	0,2 15,9	0,8 9,9	25,9 0	10,1 72,3	12,3 87,7
1953-54	2,6	0 14,8	9,4 11,4	0 21,8	0 1,8	7,1 1,0	51,3 0	16,5 50,8	24,5 75,5
1954-55	56,4	34,1 0	5,9 23,6	35,7 13,3	31,6 8,0	7,6 2,4	37,7 0	114,9 47,3	70,8 29,2
1955-56	49,5	21,4 13,7	7,8 17,6	44,6 10,3	0 11,9	2,9 5,2	20,4 0,2	76,7 58,7	56,6 43,4
1956-57	46,8	19,9 38,3	16,2 3,9	1,1 15,3	26,5 1,5	10,0 24,2	0,7 0	73,7 83,2	47,0 53,0
1957-58	19,6	4,1 13,7	14,0 14,2	12,2 30,0	16,2 22,7	19,9 23,4	22,9 0	66,4 104,0	39,0 61,0
1958-59	6,5	10,1 2,4	17,1 33,4	1,5 35,2	0 11,4	12,9 5,4	22,5 0	41,6 87,8	32,1 67,9
1959-60	24,0	1,1 3,3	0,6 21,7	5,3 30,9	10,1 20,6	0,2 7,9	16,4 0	17,3 84,4	17,0 83,0
1960-61	40,0	14,0 2,9	4,5 14,5	0 36,0	0 16,3	27,5 8,1	15,7 0	46,0 77,8	37,2 62,8
1961-62	10,2	8,4 41,6	10,9 28,9	0,6 10,9	4,5 16,7	22,6 11,1	25,7 0	47,0 109,2	30,1 69,9
1962-63	10,2	15,7 0,4	20,8 19,2	29,6 31,7	3,4 7,1	4,2 29,9	4,0 0,7	73,7 88,3	45,5 54,5
1963-64	56,9	41,9 7,0	25,6 22,9	2,0 9,3	0 37,2	7,8 7,0	17,3 0	77,3 83,4	48,1 51,9
1964-65	4,4	16,1 10,8	7,2 12,1	1,2 7,0	9,0 24,4	31,0 2,3	9,3 6,5	73,8 56,6	56,6 43,4
Средние	31,0	15,0 11,5	10,8 18,2	9,9 19,6	6,8 14,2	12,2 10,8	18,4 0,6	55,2 74,5	42,6 57,4

Примечание. В числителе — жидкые осадки, в знаменателе — твердые.

Таблица 30

Показатели стока талых вод на каштановых почвах Камышинского опорного пункта ВНИАЛМИ

Угодья и агротехнический фон	Крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге + осадки весны (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1946 г. Осадки холодного периода (по осадкометру) 136 мм				
Зяблевая пахота		Сток очень слабый и слабый		
Озимые	2,1	55	18,2	0,331/0,134
Люцерна 2-го года	1,5	57	27,6	0,484/0,203
Залежь	2,5	68	50,3	0,740/0,371
1947 г. Осадки холодного периода 97 мм				
Зяблевая пахота	1,5	77	2,5	0,032/0,026
Стерня	2,1	103	17,5	0,170
Люцерна 3-го года	1,5	74	15,6	0,211/0,160
Залежь	2,5	81	40,4	0,499/0,414
Сад. Черный пар с мелкой осенней перепашкой	5,8	52	48,9	0,940/0,502
То же+лента из двух рядов ирги	6,2	76	47,3	0,622/0,485
Люцерна между лентами сада	5,3	86	61,0	0,709/0,626
1948 г. Осадки холодного периода 158 мм				
Зябь (почва песчаная)	1,5	57	10,1	0,177/0,064
То же+крестование	1,5	44	14,5	0,330/0,092
Стерня (почва песчаная)	2,1	52	21,0	0,403/0,133
Стерня (почва супесчаная)	2,5	59	42,0	0,712/0,266
Залежь (почва песчаная)	2,5	58	36,0	0,621/0,228
Сад. Черный пар с осенней перепашкой+одна лента из ирги	5,8	57	49,2	0,863/0,311
То же+две ленты из ирги	4,2	66	42,0	0,636/0,266
Сад. Зябь (почва легкосуглинистая и супесчаная)	5,7	56	12,5	0,223/0,079
Сад. Зябь (почва легкосуглинистая)	4,9	44	5,1	0,116/0,032
Сад. Зябь (почва супесчаная)	4,9	47	27,5	0,585/0,174
Виноградник. Зябь	8	46	10,0	0,217/0,063
Целина (почва песчаная)	3,4	74	44,7	0,604/0,283
Целина (почва суглинистая)	10,9	80	20,1	0,251/0,127
Выгон (почва щебенисто-суглинистая)	5,5	53	46,4	0,875/0,294
1949 г. Осадки холодного периода 47 мм				
Зябь (почва супесчаная, 6 определений)	1,5—5	31	0	0
Сад (разные участки, среднее из 11 определений)	4—9,7	50	2,8	0,056

Угодья и агротехнический фон	Крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге + осадки весны (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
Целина (почва песчаная) Выгон (почва суглинистая; 5 определений)	3,4 8—11	72 73	0 67,8	0 0,107

1950 г. Стока с зяби нет.
1951 г. Стока с зяби нет или очень слабый.
1952 г. Стока с зяби нет.

Примечание. Размеры стоковых площадок на зяби, многолетних травах и озимых в 1946—1948 гг. колебались в пределах 1,7—3,5 га, а в 1949 г. в пределах 0,28—0,33 га, на стерне занимали 0,85 га, на многолетней залежи и целине 0,47—0,51 га, в саду 0,16—0,34 га, на выгонах 0,020—0,075 га.

бывает различное; в среднем за этот период в виде снега выпадает 57,4%, в виде дождя — 42,6%. Главная масса жидких осадков выпадает в ноябре, декабре и марте, но значительная их часть в некоторые зимы приходится также на январь и февраль.

До сих пор считалось, что на песчаных и супесчаных почвах сток талых вод значительно меньше, чем на суглинистых. О причинах формирования на легких почвах более сильного стока с зяби мы будем говорить ниже при анализе стока на светлокаштановых почвах.

Материалы по стоку за период 1946—1952 гг. сведены в табл. 30 (данные за 1946 и 1947 гг. заимствованы из работы А. П. Шапошникова [179]). Из нее следует, что сток с зяби три года полностью отсутствовал (1949, 1950, 1952), три года (1946, 1947 и 1951) был очень слабый и один год (1948) слабый. Однако и при слабом стоке на нижних отрезках склонов возможен значительный смыв почвы. На уплотненной пашне в 1946 г. сформировался слабый и умеренный сток (в пределах 18—27 мм), а на залежи сильный (более 50 мм). Аналогичная картина наблюдалась в 1947 г. и близкая к ней в 1948 г. В саду, где почва в течение лета содержалась в пару, а осенью мелко перепахивалась, сток был намного больше, чем на полях с нормальной зябью, и в ряде случаев больше по сравнению с его показателями на стерне и озимых.

Весна 1948 г. была одной из наиболее многоводных за рассматриваемый период. Максимальные расходы воды в р. Камышинке в створе ниже устья суходола Климушкина в некоторые дни достигали 25—28 м³/с, в то время как, например, в 1949 г. они не превышали 3 м³/с, обычно же держались на уровне 1 м³/с [137]. Большое половодье наблюдалось также в 1946 и 1947 гг. и значительное в 1951 г. В 1950 и 1952 гг. паводок, как и в 1949 г., был очень слабый.

В 1960—1965 гг. сток изучали на каштановых легко- и среднесуглинистых преимущественно слабосмытых почвах, подстилаемых на глубине 1,5—2 м слоистыми супесями и песками, в сети молодых лесных полос, достигших высоты 2—4 м. Участок, называемый «Свешников», представляет собой северо-восточный склон; верхняя часть его более крутая ($3-3,5^{\circ}$), средняя и нижняя, имеющие в профиле прямую форму, падают полого ($1,5-2^{\circ}$). Этот участок в течение многих лет использовался под бахчевой культурой, и почвы здесь значительно распылены.

Сток изучали также на поросшем ракитником участке песчаной целины, окаймленном со всех сторон лесом (заповедный участок в 12-м квартале), и в сосновом лесу посадки 1904 г. Рассмотрим полученные материалы по годам. Они представлены в табл. 31.

1959-60 г. Осенью 1959 г. стоковые площадки на участке «Свешников» были построены на двух полях: вышележащее по склону поле было вспахано под зябь в августе на глубину 23—25 см; почва здесь была сильно иссушена рожью. Нижележащее поле было занято бахчевой культурой (арбузы), поэтому подъем зяби произвели здесь в октябре; почва более влажная. Одна площадка была заложена на поле с черным паром (озимые не посеяли).

Осень была очень засушливая, зима относительно теплая. Снег во время оттепелей частично стаивал, почва увлажнялась. Сток проходил с 26 по 31 марта. Из табл. 31 видно, что сток с различной зяби был очень слабый, а с парового поля (равноценны озими) сильный (47 мм при коэффициенте стока 0,59). Смыг почвы на различных участках парового поля вне площадок при уклоне $1,5-2^{\circ}$ достигал $34 \text{ м}^3/\text{га}$ (учтен по методу водоорон), что объясняется дополнительным поступлением талой воды с вышележащей части склона (залежь).

1960-61 г. Осадки осени составили 80 мм; зима была неустойчивой с многочисленными оттепелями; за холодный период выпало всего 110 мм осадков, но к началу весеннего снеготаяния влагозапасы в снеге составляли около 40—50 мм. Снеготаяние проходило в период с 14 по 20 марта. Сток с нормальной зяби составил в среднем 2,6 мм, с заборонованной в два следа 8,5 мм и с залежью 22,9 мм. С песчаной целины стока не было.

1961-62 г. После засушливой осени последовала зима с неустойчивой погодой, в виде дождя выпало 38 мм. Почва промерзла на глубину до 60—70 см, что создало условия для формирования небольшого стока. Интенсивное весеннее снеготаяние проходило в период с 5 по 9 марта. Из табл. 31 следует, что сток с нормальной зяби был незначительный, с заборонованной в два следа — несколько больше (5,8 и 7,8 мм). Со стерни супанки он составил 12,6 мм, с житняка (залежь) 25,8 мм.

Таблица 31

Просачивание и сток талых вод на каштановых легко- и среднесуглинистых почвах (Камышинский опорный пункт)

Агротехнический фон	Запасы снеговой воды + + осадки весны (мм)	Просо- чилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1960 г. Сумма осадков холодного периода 110 мм				
Вспашка (в августе) на 23— 25 см	87	85,7	1,3	0,015/0,012
То же + боронование в два следа	87	82,2	4,8	0,055/0,044
Вспашка (в октябре) на 25— 27 см (4)	87	80,8	6,2	0,071/0,056
Пар черный (в 1959 г.)	80	33	47,0	0,589/0,427
Целина с кустарником (ра- китник, почва песчаная)	152	152	0	0
1961 г. Сумма осадков холодного периода 110 мм				
Вспашка на 25—27 см (5)	46	43,4	2,6	0,052/0,024
То же + боронование в два следа	44	35,5	8,5	0,193/0,077
Житняк 7-го года (залежь)	50	27,1	22,9	0,458/0,208
1962 г. Сумма осадков холодного периода 148 мм				
Вспашка на 22—24 см (3)	37	35,3	3,7	0,100/0,025
То же + боронование в два следа	36	28,2	7,8	0,217/0,053
Вспашка на 26—28 см	37	35,8	1,2	0,032/0,008
То же + боронование в два следа	34	28,2	5,8	0,171/0,039
Стерня суданки	48	35,4	12,6	0,263/0,085
Житняк 8-го года	46	20,2	25,8	0,561/0,174
Целина с кустарником	57	57	0	0
1963 г. Сумма осадков холодного периода 147 мм				
Вспашка на 27—30 см (2)	89	89	0	0
То же + боронование в агрегате	84	75,7	8,3	0,099/0,056
Вспашка вдоль склона на 20—23 см	82	81,6	0,4	0,005/0,003
То же + боронование в агрегате	83	67,2	15,8	0,190/0,107
Вспашка вдоль склона на 12—15 см	90	62,5	27,5	0,306/0,187
То же, на 17—18 см	79	67,8	11,2	0,142/0,076
Житняк 9-го года	107	19,5	87,5	0,818/0,595
Целина с кустарником	121	42	79,0	0,653/0,537
1964 г. Сумма осадков холодного периода 119 мм				
Вспашка на 27—30 см	61	59,9	1,1	0,018/0,009
То же + боронование в два следа	73	66,6	6,4	0,088/0,054
То же	65	55,8	9,2	0,142/0,077
То же + боронование в четыре следа	58	34,8	23,2	0,404/0,195
Житняк 10-го года жизни	87	83,1	3,9	0,044/0,033
Целина с кустарником	122	122	0	0

В целом можно считать, что в 1962 г. сток был несколько сильнее, чем в предыдущие два года.

1962-63 г. Почва ушла в зиму в иссушенном состоянии, но в декабре во время оттепелей ее влажность увеличилась. 7—9 января стояла глубокая оттепель с дождями, поля в значительной степени обнажились от снега; с выгонаов и залежей наблюдался сток (первый зимний паводок). После оттепели на выгонах и озимых образовалась ледяная корка, способствовавшая в дальнейшем формированию значительного стока. 18—20 февраля установилась оттепель с туманами и дождями, во время которой имел место второй зимний паводок. В марте было три периода с оттепелями, насчитывающими всего 8 дней; во все эти дни наблюдался сток. Глубина промерзания почвы в январе и феврале варьировалась от 25—30 до 70 см. Завершающее снеготаяние проходило с 3 по 9 апреля. Из табл. 31 видно, что показатели стока с зяби были различными. При глубине вспашки 27—30 и 20—23 см стока практически не было; на мелкой пахоте сформировался значительный сток: 11,2 мм при глубине 17—18 см и 27,5 мм при глубине 12—15 см. Резкое повышение здесь стока связано не только с глубиной вспашки, но и с режимом снеготложения и снеготаяния в зимний период. Сток с уплотненной пашни и выгонаов был сильный и очень сильный.

1963-64 г. Почва к началу зимы хорошо увлажнлась на 35—40 см; 18 и 20 декабря были две оттепели с дождями, в дальнейшем зима была устойчивая, с сильными морозами. Глубина промерзания почвы на полях с зябью и житняком при мощности снежного покрова 30—37 см достигала 65—70 см, на поляне с кустарником (высота снега 47 см) 30 см. Весна 1964 г. была затяжная, прохладная. Сток с зяби при глубине вспашки 27—30 см отсутствовал или был незначительный, с заборонованной в два следа равнялся 6,4 мм и 9,2 мм, а в четыре следа — 23,2 мм (коэффициент стока 0,4). На залежи (житняк 10-го года жизни) в условиях 1964 г. сток был очень слабый — около 4 мм, а на песчаной целине его совсем не было. Большую роль в уменьшении и ликвидации стока с залежи и целины сыграло раннее формирование на них снежного покрова, обеспечивающее свободное просачивание вглубь избыточной гравитационной воды. В 1965 г. сток с зяби полностью отсутствовал.

В табл. 32 приводятся средние показатели запасов снеговой воды и стока за период 1946—1952 и 1960—1964 гг. Для некоторых весен первого периода сток характеризуется приблизительно, на основании визуальных наблюдений и анализа гидрометеорологических условий. Средняя величина стока с зяби за 1946—1952 гг. составляет 3,6 мм; три весны из семи были без стока, в три другие сток был очень слабый и в одну весну слабый. Средний за четыре года сток с уплотненной пашни, залежей и выгонаов составил 28,3 мм при коэффициенте стока 0,439. Весны 1950—1952 гг. отличались меньшим половодьем по срав-

Таблица 32

Средние показатели стока на каштановых почвах (Камышин)

Год	Зябь			Уплотненная пашня и залежь		
	запасы сне-говой воды (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	запасы сне-говой воды (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
1946	—	7,0	0,12	60	32,0 ± 9,5	0,533
1947	77	2,5	0,032	79	38,5 ± 6,9	0,487
1948	50	13,0 ± 3,1	0,260	62	37,7 ± 4,0	0,608
1949	31	0	0	57	4,9 ± 1,4	0,086
1950	—	0	0	—	Слабый	
1951	—	до 3 мм	(до 0,05)	—	Умеренный	
1952	—	0	0	—	Слабый и умеренный	
Среднее		3,6	0,047	64,5	28,3	0,439
$K_{\text{п}}/K_{\text{р}} = 9,3$						
1960	90	3,7	0,041/0,034	80	47,0	0,589/0,427
1961	46	2,4 ± 0,9	0,052/0,022	50	22,9	0,458/0,208
1962	37	3,7 ± 1,0	0,100/0,025	47	19,2	0,407/0,130
1963	85	3,9 ± 3,7	0,046/0,027	107	87,5	0,818/0,595
1964	61	1,1	0,018/0,009	71	11,7	0,165/0,097
Среднее	64	3,0	0,047/0,024	71	37,7	0,531/0,298
$K_{\text{п}}/K_{\text{р}} = 11,3$						

нению с предыдущими годами (исключая 1949 г.), поэтому указанная средняя величина стока для всего семилетнего периода была бы завышенной. Среднее отношение коэффициентов стока $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ равняется 9,3; оно несколько завышено, поскольку средний коэффициент стока с уплотненной пашни получен для более многоводных вёсн, а с зяблевой пахоты — для всего периода.

В период 1960—1964 гг. наиболее многоводный был 1963 г., когда наблюдался самый сильный сток с залежи (в среднем 87,5 мм). Что касается зяблевой пахоты, то во все годы этого периода сток был очень слабый, за исключением участков с мелкой зяблевой пахотой. Средняя за пять лет величина стока с зяби составила 3 мм, а с уплотненной пашни и залежи 37,7 мм. Отношение $K_{\text{п}}/K_{\text{р}}$ равняется 11,3, т. е. оно выше, чем для первого периода. Это объясняется, с одной стороны, увеличением глубины зяблевой пахоты, а с другой — большей водностью последнего периода.

Интересно и важно было бы восстановить картину весеннего стока за промежуточный семилетний период (1953—1959 гг.), когда систематических наблюдений не проводилось. Мы делаем попытку приблизительно охарактеризовать сток этого периода на основании анализа гидрометеорологических условий и сопоставления показателей стока по Саратовской области и по рай-

ону Волгограда (данные излагаются дальше). Такая характеристика его приводится в табл. 33.

Таблица 33
Сток на каштановых почвах за период 1953—1959 гг.
(Камышин)

Год	Зябь	Уплотненная пашня и залежь
1953	0	Слабый и умеренный
1954	0	Слабый
1955	до 5	Умеренный
1956	до 12	Умеренный
1957	до 27	Сильный и очень сильный
1958	до 7	Слабый и умеренный
1959	0	Слабый и умеренный

В отношении 1953, 1954 и 1959 гг. можно с полной уверенностью сказать, что стока с зяби не было; в другие годы периода, исключая 1957 г., он был предположительно очень слабый и слабый. Сток с зяби в 1957 г. предположительно был слабый и умеренный (условно принимаем его равным 27 мм). Приведенные в табл. 33 значения стока с зяби заведомо несколько преувеличены. На уплотненной пашне и залежи сток в указанный период колеблется предположительно от слабого до сильного и очень сильного.

На рис. 11 приведены кривые обеспеченности стока на каштановых почвах правобережья Нижней Волги. На кривой 1 видно, что сток 20%-ной обеспеченности составляет около 7 мм, а 70%-ной обеспеченности около 1 мм. В 10-летнем периоде в среднем лишь две весны бывает со стоком 7 мм и больше; пять лет слой стока с зяби изменяется от 1 до 7 мм и три года он практически отсутствует. На уплотненной пашне и залежи сток 70%-ной обеспеченности превышает 22 мм, 20%-ной обеспеченности он больше 50 мм. Лишь в трех годах из 10 слой стока колеблется от 5 до 22 мм.

Сток талых вод на каштановых почвах левобережья Нижнего Дона

Для характеристики стока на каштановых почвах юга (восточная часть Ростовской области) воспользуемся данными Дубовской научно-исследовательской гидрологической лаборатории (ДНИГЛ), расположенной в Сальских степях, и Государственного гидрологического института (ГГИ). Данные ДНИГЛ по стоку с водохранилищ и суходолов за 1949—1958 гг., обобщенные А. И. Чеботаревым и С. И. Харченко [174], представлены в табл. 34. Из этой таблицы следует, что за указанный период наиболее многоводные вёсны были в 1953 г. и

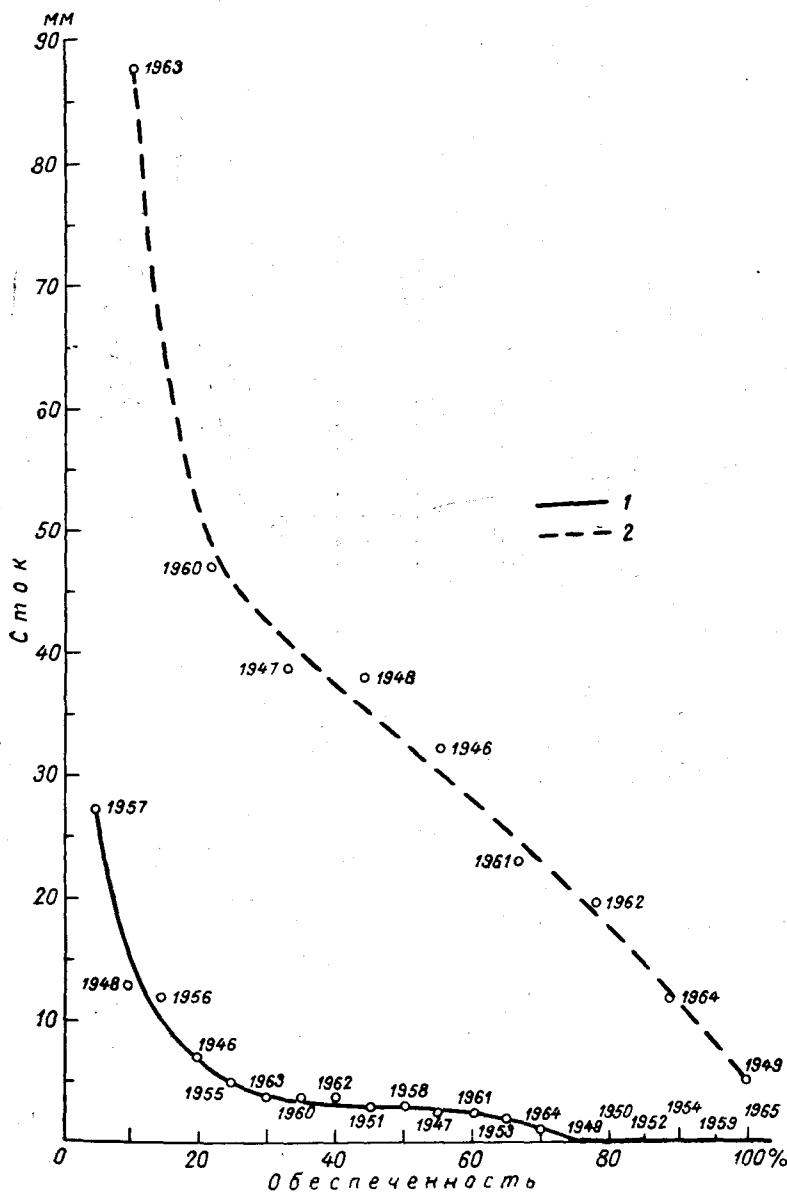


Рис. 11. Кривые обеспеченности стока на каштановых почвах (Камышинский опорный пункт ВНИАЛМИ).

Сток: 1 — с зяби, 2 — с уплотненной пашни.

особенно в 1956 г. Авторы считают, что в 1956 г. было выдающееся весенне полноводье на притоках Нижнего Дона с повторяемостью приблизительно 1 раз в 100 лет. В 1951 г. весенне полноводье было умеренным, в 1952 и 1957 гг. слабое, а в остальные вёсны сток был очень слабый или практически отсутствовал.

Таблица 34
Сток с водосборов по наблюдениям ДНИГЛ [174]

Год	Запасы воды в снеге + осадки весны (мм)	Пророчилось в почву (мм)	Средний по всем водосборам слой стока половодья (мм)	Коэффициент стока	Дефицит влажности метрового слоя почвы (% от объема)	Глубина промерзания почвы (см)	Максимальный молуль весеннего стока (Н/с с 1 км ²)
1949	17	13,4	3,6	0,21	27	55	43
1950	88	87,3	0,2	0,0	36	0	0,9
1951	3 + 40 = 43	18,0	25,0	0,58	24	55	552
1952	101 + 24 = 125	106,0	19,0	0,15	26	65	209
1953	90 + 7 = 97	32,0	65,0	0,67	17	105	1150
1954	61 + 35 = 96	93,3	2,7	0,03	32	120	13,7
1955	20 + 53 = 73	72,4	0,6	0,01	24	20	1,7
1956	64 + 8 = 72	7,0	65,0	0,90	11	110	1460
1957	29 + 13 = 42	31,0	11,0	0,26	18	80	245
1958	30 + 43 = 73	68,0	5,0	0,07	16	30	135
Среднее	50 + 22 = 72	53,3	19,7	0,28	23	64	381

А. И. Чеботарев и С. И. Харченко пришли к выводу, что в многоводные годы (коэффициент стока более 0,8—0,9) и в маловодные годы (коэффициент стока менее 0,2) сток с зяби практически не уменьшается по сравнению с нераспаханными водосборами или водосборами, занятыми озимыми и многолетними травами: «для средних по условиям формирования стока и водности лет ($\varphi=0,4 \div 0,7$) уменьшение стока составляет 25—90% от стока с водосборов, не распаханных под зябь» [174, с. 38]. Опираясь на исследования стока в других пунктах степной зоны, согласно которым коэффициент стока с уплотненной пашни в маловодные и средние по водности годы в 3—4 раза и более превышает коэффициент с зяби, можно утверждать, учитывая данные табл. 34, что в этот период 8 вёсен характеризовались очень слабым стоком с зяби или практически отсутствием его, а в 1953 и 1956 гг. сток был умеренный и сильный.

Сток талых вод на светло-каштановых почвах правобережья Нижней Волги (район Волгограда)

Сток талых вод изучали на Волгоградской агролесомелиоративной и садово-виноградной опытной станции (АГЛИСВОС) ВНИАЛМИ, а после переезда ВНИАЛМИ в Волгоград — в опытном хозяйстве института. Земли хозяйства раскинулись на возвышенной территории Волго-Донского междуречья и на

восточном склоне к волжской долине, а также частично на хвалынской террасе. В пределах землепользования этот склон разделен тремя суходолами: Горная поляна, Пахотина и Купоросный (последний имеет постоянный ручей); поэтому земли здесь представлены преимущественно восточными, южными и северными склонами.

Согласно исследованиям [99, 182], геологическое строение местности представляется в следующем виде. На отложениях палеогеновой системы с преимущественным развитием глинистых песков и песчаников (царицинский ярус эоцена), а также глинистых мергелей и песчаных глин (киевский ярус эоцена) залегают морские так называемые мелеттовые засоленные глины серовато-синего или голубоватого цвета (харьковский, по Архангельскому, или майкопский, по Милановскому, ярус олигоцена); их мощность колеблется от 1—2 до 10—30 м. Эти глины на склонах местами выходят к дневной поверхности и являются почвообразующими породами, обусловливая вследствие своей засоленности развитие почв солонцово-солончакового комплекса. Мелеттовые глины покрываются ергенинскими песками различной мощности (до 25 м), относящимися к неогеновой системе (миоцен). Занимая возвышенные приводораздельные участки территории со слаборазвитым элювием-делювием, эти пески в прошлом подвергались раззвеванию, в результате в некоторых местах образовались песчаные арены. Вследствие большого разнообразия по литологическому составу напластований геологических пород литологический состав делювиальных отложений на склонах также отличается значительной пестротой: суглинистые и тяжелосуглинистые прослои чередуются с супесчаными и песчаными.

Все это наложило отпечаток и на характер почвенного покрова. Поэтому в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ велико разнообразие светло-каштановых почв: по засоленности и солонцеватости, по механическому составу и степени эродированности, по содержанию гумуса и по другим показателям. Пахотный горизонт на части площади опесчен в следствие наноса и наведения песка с вышележащей площади, подвергшейся частичному раззвеванию. По механическому составу почвы участка варьируют от песчаных до среднесуглинистых как пространственно, так и по профилю в глубину. Содержание гумуса изменяется от 0,5—0,8% на песчаных и супесчаных разностях до 1,2—1,4% на эродированных легко и среднесуглинистых.

Почвенные разности характеризуются также большой плотностью: объемный вес их в слое 0—50 см составляет в среднем около 1,51—1,63, в слое 0—100 см — 1,54—1,65 и в 1,5-метровой толще — около 1,58—1,67. Наименьшая влагоемкость (НВ), а также недоступная или мало доступная влага (влажность задвдания, ВЗ), которая определена в соответствии с рекомендацией А. А. Роде [121] взятием образцов на влажность непосред-

ственno после уборки урожая в зависимости от механического состава и сочетания песчаных и суглинистых прослоек по глубине и пространственно колеблется в широких пределах (табл. 35).

Таблица 35

Значения наименьшей влагоемкости и малодоступной влаги в полях почвозащитного севооборота опытного хозяйства ВНИАЛМИ (Волгоград)

Номер поля	Местоположение	Категория влаги	Толщина слоя (см)			
			0—50	0—100	0—150	0—200
I	Вышележащая по склону часть поля	HB	80	147	263	487
			14	41	62	—
		HB	85	177	281	383
	Нижележащая по склону часть поля	B3	23	62	127	—
		HB	55	146	226	349
		B3	105	205	304	454
II	Середина поля	B3	30	60	132	—
		HB	111	210	385	579
	точка 1	B3	29	69	191	—
		HB	126	260	390	493
	точка 2	HB	97	202	312	—

Как видно из табл. 35, наименьшая влагоемкость в смежных точках значительно варьирует от слоя к слою, то увеличиваясь, то уменьшаясь; для верхнего 0,5-метрового слоя наибольшая разница достигает 30 мм, для метрового 21—58 мм, для 1,5-метрового 78—81 мм и для 2-метрового 104—138 мм. Если определить эту константу в большем количестве точек, то пределы вариации значительно расширяются. С другой стороны, содержание в почве малодоступной влаги (B3) колеблется в меньших пределах, что свидетельствует о различной емкости запасов продуктивной влаги в смежных точках. Это значит, что просочившаяся в почву талая вода в одних пунктах сосредоточивается в слое меньшей, а в других — в слое большой толщины, и большая глубина промачивания почвы еще не означает, что в нее просочилось больше талой воды. Все это затрудняет, а порою делает невозможным точное определение запасов просочившейся в почву воды.

Стоковые площадки закладывали в полях семипольного почвозащитного севооборота, организованного под руководством С. И. Сильвестрова в 1948 г. Поля площадью 5—6 га

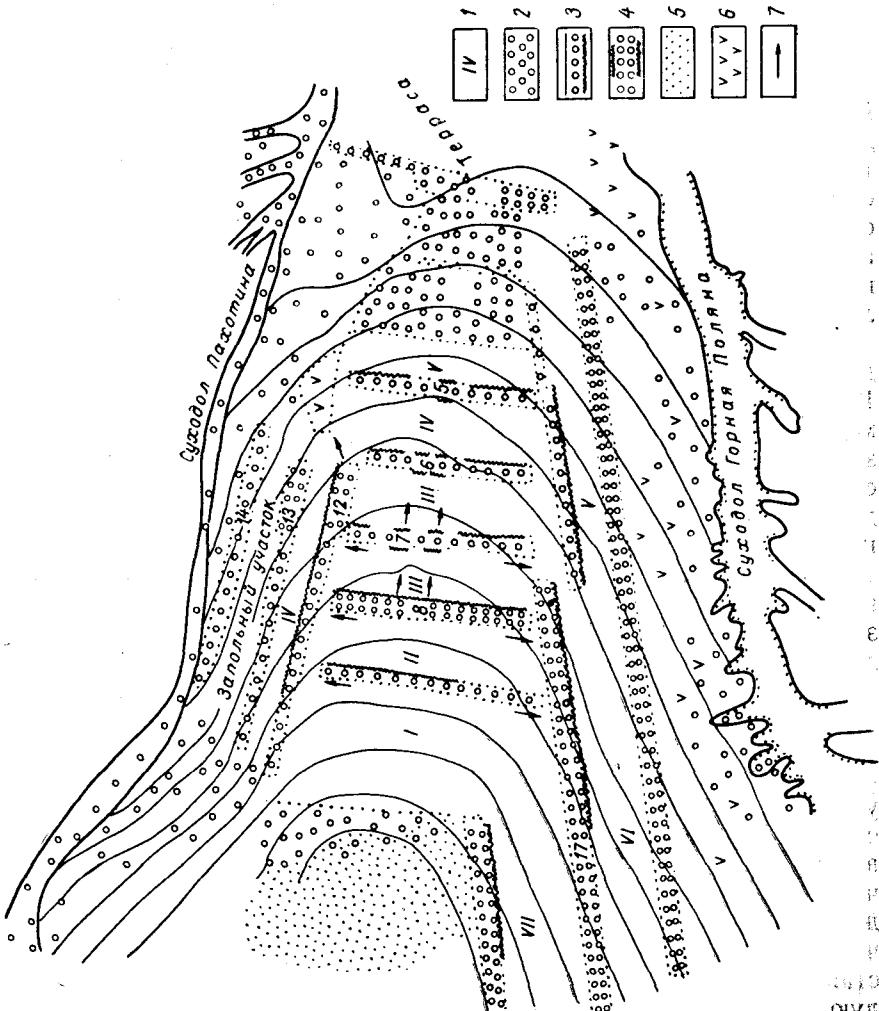


Рис. 12. Размещение запытных лесонасаждений и полей почво-заселенного севооборота на эрозионном участке Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ.

1 — поля севооборота, 2 — плонады, 3 — лесонасаждений и полей почво-заселенного севооборота на эрозионном участке Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ.

5
6
7

7 — направление стока. Цифры внутри земельных полос — их номера.

окаймлены лесными полосами, посаженными в 1948 г. и частично в 1953 г. Ширина лесных полос 10—30 м, расстояния между ними (ширина разных полей) 50, 90—100 и 200—220 м (рис. 12). Схема ротации севооборота начиная с 1961 г. была принята в следующем виде: I поле — пар, II поле — озимые, III—V поля — многолетние травы, VI и VII — яровые зерновые.

Рассмотрим гидрометеорологические условия и имеющиеся данные по стоку талых вод за 10-летний период (1950—1959 гг.). В 1950—1955 гг. наблюдения над стоком проводил Ю. Н. Коблев [66]. За 1956 и 1957 гг. имеются лишь данные визуальных наблюдений; кроме того, о характере стока за эти годы можно судить на основании анализа условий погоды. В период 1958—1959 гг. сток изучал под руководством автора Г. С. Бобров.

О гидрометеорологических условиях указанного периода дают представление данные табл. 36. Согласно 10-летним данным метеостанций г. Волжского и Волгоград-СХИ и 5-летним данным метеостанции ВНИАЛМИ, осадки холодного периода (ноябрь—март) составляют в среднем 30—35% их годовой суммы (около 95—126 мм из 318 мм). За 1949—1959 гг. в виде снега в среднем выпало около 71,5% осадков холодного периода, а с учетом последующих лет (до 1964 г.) — около 66%; оставшееся приходится на жидкие осадки. Эта величина по годам колеблется в широких пределах — от 43,5 до 99,1%.

На основании данных табл. 36 и анализа среднедекадных данных о температуре воздуха можно полагать, что в весны 1950, 1953, 1954 и 1959 гг., когда в предшествующие зимние месяцы почти не выпадало или было мало жидких осадков и зимы были холодные и умеренно холодные, стока талых вод с зяби совсем не было. Это подтверждается и прямыми наблюдениями над стоком, результаты которых изложены в табл. 37 и 38.

Формированию довольно сильного стока в 1951 г. способствовало значительное предзимнее увлажнение почвы, раннее ее замерзание и зимние оттепели, обусловившие образование ледяной корки; кроме того, во время весеннего снеготаяния 9—12 марта в виде дождя выпало 22 мм осадков. По наблюдениям очевидцев, весенний паводок 1951 г. был сильный. 1952 год также характеризуется значительным предзимним увлажнением почвы, однако зима установилась поздно, была теплая и влага успела просочиться вглубь; поэтому весенний сток был очень слабый. Зима 1955 г. была особенной. После сильно засушливой осени в зимний период выпало около 97 мм осадков, в том числе в виде дождя около 39 мм. Однако в этот период стояла довольно теплая погода, твердые и жидкие осадки равномерно чередовались во времени, что приводило к систематическому стаиванию выпавшего снега и просачиванию воды в слабомерзлую почву. Поэтому устойчивого снежного покрова не было и

Таблица 36

распределение осадков осени и холодного периода по данным метеостанций
Волгограда и ВНИАЛМИ

Годы	Сентябрь (мм)	Октябрь (мм)	Количество осадков холодного периода							
			по месяцам (мм)				за весь период		мм	%
			ноябрь	декабрь	январь	февраль				
1949-50	7,0	14,3	13,9 0	2,5 1,4	0 18,9	0 18,4	0,4 14,4	16,8 53,1	24,0 76,0	
1950-51	19,7	54,1	10,0 8,8	0 12,6	0 16,4	0 13,2	24,0 9,1	34,0 60,1	36,2 63,8	
1951-52	16,3	14,4	38,6 0	6,9 0	0 20,6	0 21,1	18,4 48,4	63,9 90,1	41,6 58,4	
1952-53	19,3	36,0	0,3 1,7	0 53,0	0 25,5	0 50,5	0 30,9	0,3 16,6	0,2 59,8	
1953-54	17,2	7,1	0 13,2	0,7 14,5	0 18,5	0 0,7	0,9 3,7	1,6 50,6	3,0 97,0	
1954-55	18,2	65,9	0,9 0	4,4 21,1	7,1 20,2	21,4 14,4	5,5 1,6	39,3 57,3	40,7 59,3	
1955-56	19,7	28,2	39,4 0	2,0 22,4	25,7 57,5	0 16,9	0 9,5	67,1 106,3	38,7 61,3	
1956-57	37,5	34,7	27,0 26,1	15,3 2,4	0 13,0	10,5 6,8	8,7 10,3	61,5 58,6	51,2 48,8	
1957-58	19,9	43,1	11,0 17,0	11,0 34,2	13,0 18,9	26,9 8,2	10 36,0	71,9 114,3	38,7 61,3	
1958-59	8,3	6,8	6,7 0	1,9 45,4	0 24,8	0 10,9	0,9 2,2	9,5 83,3	10,3 89,7	
1959-60	42,5	27,5	0 6,4	4,7 20,3	37,7 10,6	21,6 14,4	0 0,4	64,0 52,1	51,5 48,5	
1960-61	28,7	27,6	10,9 10,6	7,3 9,1	0 23,4	0 4,4	23,8 20,9	42,0 68,4	38,0 62,0	
1961-62	16,7	6,2	55,1 25,5	12,3 31,0	9,0 13,4	0 41,0	15,5 0	91,9 110,9	45,3 54,7	
1962-63	15,6	23,5	14,4 0	22,8 8,6	42,0 31,8	4,3 3,8	7,2 25,6	90,8 69,8	56,5 43,5	
1963-64	2,8	41,9	24,3 3,7	14,0 36,9	0 12,9	6,0 28,3	0,6 0,5	44,9 82,3	35,3 64,7	
Средние	19,3	28,8	16,8 7,5	7,1 20,9	9,0 21,8	6,0 16,9	7,7 14,2	46,6 81,5	34,1 65,9	

П р и м е ч а н и е. В числителе — жидкие осадки, в знаменателе — твердые.

Таблица 37

Показатели стока талых вод на светло-каштановых легкосуглинистых почвах в 1950—1955 гг.

Год	Агротехнический фон	Крутизна склона (град.)	Влагозапасы в снеге + осадки весны (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1950	Зяблевая вспашка	5—7	35	0	0
	Люцерна 2-го года	3—4	45	12,0	0,267/0,171
1951	Вспашка поперек склона	2,5	31	21,7	0,70/0,236
1952	То же	3	101	4,2	0,041/0,027
1953	"	3,5	28	0	0
1954	"	3	36	0	0
1955	Стока с зяби не было				

Таблица 38

Показатели стока талых вод на светло-каштановых почвах в 1957—1959 гг.

Показатели	Крутизна склона (град.)	Зябь			Многолетние травы		
		30/XII 1957 г.	8/II 1958 г.	всего за сезон	14 и 30/XII 1957 г.	8/II 1958 г.	всего за сезон
Запасы воды в снеге, мм	5 и 8	24+11	12	47	22+8	10	40
Сток, мм	5	2,8	4,2	7,0	14,8	7,5	22,8
	8	3,3	5,1	8,4	19,0	8,4	27,4
Коэффициент стока	5	0,25	0,35	0,15	0,49	0,75	0,57
	8	0,30	0,42	0,18	0,63	0,80	0,68
1959 г.							
Запасы воды в снеге, мм	5			93			92
	8			93			101
Сток, мм	5			0			46
	8			0			55,6
Коэффициент стока	5			0			0,50
	8			0			0,55

весенний сток отсутствовал. В 1956 и 1957 гг. систематических наблюдений над стоком на стоковых площадках не проводилось. Тем не менее данные табл. 36 и анализ температурных условий зимы, а также визуальные наблюдения научных сотрудников позволяют в общем восстановить картину снеготаяния и стока.

1956 год был по югу многоводным. Почва ушла в зиму во влажном состоянии. В январе во время оттепели в виде дождя выпало 25,7 мм, что обусловило полное стаивание снега и силь-

ное увлажнение почвы; в это время наблюдался небольшой зимний паводок. Вслед за этим установились сильные морозы, и почва, замерзнув в переувлажненном состоянии, потеряла способность к значительному впитыванию талой воды. После этого еще выпало в виде снега около 82 мм осадков, которые в значительной своей части пошли на сток. По свидетельству очевидцев, сток весной 1956 г. был сильный. Это выразилось в том, что в округе было прорвано несколько прудовых плотин и размыты днища некоторых балок, в которых до того донный размыв отсутствовал или протекал слабо. Можно полагать, что сток с зяби весной 1956 г. был умеренный до сильного, а с уплотненной пашни — сильный и очень сильный. Условно мы принимаем, что величина стока с зяби в 1956 г. была в среднем около 26 мм. Гидрометеорологические условия 1956-57 г. напоминают условия 1954-55 г.: чередование во времени твердых и жидкых осадков при теплой зиме сопровождалось просачиванием дождевой и такой воды в почву; поэтому весенний сток с зяби в этом году отсутствовал или был очень слабый, а с уплотненной пашни, по-видимому, слабый или умеренный. Величину стока с зяби условно принимаем в 4 мм.

Обратимся к данным Г. С. Боброва за 1957-58 и 1959 гг. (табл. 38). Опыты проводились на северном склоне, имеющем крутизну в разных местах 5 и 8°. На участке крутизной 5° залегает светло-каштановая легкосуглинистая среднесмытая почва, а на участке крутизной 8° — сильносмытая. В 1957-58 г. наблюдалось три зимних паводка — два в декабре и один в феврале. Они были вызваны резким потеплением и дождями и сопровождались почти полным сходом снега. Первый паводок (14 декабря 1957 г.) был слабый, стока с зяби в это время не было; он наблюдался лишь с многолетних трав — 10,1 и 13,5 мм. Во время второй оттепели с дождями (30 декабря 1957 г.) уже наблюдался сток с зяби, причем он мало отличался от стока с многолетних трав. Во время третьего тура интенсивного снеготаяния, сопровождавшегося дождями (8 февраля 1958 г.), также был сток с зяби и многолетних трав. В дальнейшем стояла относительно теплая погода, почва промерзла слабо и выпадавшие осадки просачивались в почву, не образуя стока. Суммарные величины стока с зяби составили 7 и 8,4 мм, а с многолетних трав 22,8 и 27,4 мм. Следует подчеркнуть, что они получены на средне- и сильносмытой почве при значительной крутизне склона. На менее смытых почвах сток с зяби должен быть меньше.

В 1959 г. стока с зяби совсем не было, а на многолетних травах он был сильный.

Обратимся к материалам за следующий период. В 1962—1963 гг. в экспериментальной работе принимали участие М. Е. Лобачева, В. И. Бреус и М. В. Беганская, в 1964—1968 гг. работу выполнял под руководством и при участии автора

А. Т. Барабанов, а в 1969—1970 гг. В. П. Борец. Исследование стока и процессов эрозии проводилось на полях того же почвозащитного севооборота. При изучении специальных приемов водозадержания гребнистая вспашка производилась тракторным плугом с увеличенным отвалом на одном из его корпусов; поделка лунок на зяби осуществлялась микролиманоделателем отдела механизации ВНИАЛМИ (А. В. Селезнев, М. С. Горовой), а в самое последнее время ЛОД-10; щелевание выполнялось при помощи навесного культиватора КЗУ-0,3В с узкорыхлящими лапами. Боронование зяби проводилось после выпадения дождей в два следа. Размеры стоковых площадок 0,16—0,20 га, а на V и VII полях 0,12 га.

В целях удобства вначале сделаем обзор материалов за период 1960—1962 гг. (табл. 39), затем в отдельности за 1963 г., отличавшийся исключительной сложностью погодных условий и многоводностью, и за другие годы.

Таблица 39

Просачивание и сток талых вод на светло-каштановых почвах
Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ

МЭ НП ЧП	Агротехнический фон	Крутизна склона (град.)	Заласы снеговой воды + осадки весны (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1960 г. Сумма осадков холодного периода 116 мм						
Зяблевая вспашка на 25—27 см	7,5	39	39	0	0	
То же + боронование	7,5	38	33,9	4,1	0,108/0,035	
Вспашка на 20—25 см	6	35	35	0	0	
То же + боронование	6	35	25,6	9,4	0,269/0,081	
1961 г. Сумма осадков холодного периода 100 мм						
Вспашка на 25—27 см (3)	7,5	21	20,9	0,1	0,005/0,001	
То же + боронование	7,5	21	18,6	2,4	0,114/0,024	
Травы 2-го года	6,3	18	4,9	13,1	0,728/0,131	
1962 г. Сумма осадков холодного периода 190 мм						
Вспашка на 20—22 см и 27—30 см (3)	3,3	74	72,7	1,3	0,018/0,007	
Двойная вспашка на 27—30 см	3,3	74	70,1	3,9	0,053/0,022	
Зябь на 27—30 см + боронование	3,5	70	52,2	17,8	0,255/0,094	
Травосмесь 3-го года (почва супесчаная и легкосуглинистая)	6,3	83	61,1	21,9	0,264/0,115	
То же (почва песчаная)	4	78	42,2	35,8	0,459/0,188	
Озимая рожь	6	73	34,3	38,7	0,532/0,204	

1959-60 г. Осенью 1959 г. стоковые площадки были заложены на V и VI полях почвозащитного севооборота, расположено-

женных на южном склоне; почва светло-каштановая легкосуглинистая средне- и сильносмытая на среднем лёссовидном суглинке. V поле вышло из-под ячменя, VI — из-под суданской травы. Почва ушла в зиму в умеренно влажном состоянии (сумма осадков осени 70 мм против нормы 84 мм). Зима установилась в начале ноября, а в январе и феврале насчитывалось пять длительных оттепелей, когда равномерно выпадали дожди (64 мм); вода просачивалась в почву. В первой декаде февраля сформировался снежный покров, почва промерзла на 30—35 см. Во время глубокой оттепели с дождями 14—19 февраля наблюдался значительный паводок. Остатки снега постепенно растаяли к середине марта, и талая вода почти полностью впиталась в почву на всех сельскохозяйственных угодьях. В февральскую оттепель наблюдался сток с озимых, с участков многолетних трав и с выгонов; с нормальной зяби стока не было, а с заборонованной он составил 4,1 и 9,4 мм.

1960-61 г. Опыты проводились на VI (зябь) и VII (люцерино-житняковая травосмесь) полях почвозащитного севооборота. VII поле расположено также на южном склоне; в верхней его половине почва песчаная, подстилаемая слоистым песком с суглинистыми прослойками, в нижней части — супесчаная и частично легкосуглинистая среднесмытая. Зима 1960-61 г. была еще более теплая и неустойчивая, чем в предыдущем году. Выпадавший снег стаивал во время частых оттепелей, почва многократно замерзала на глубину до 10—20 см и вновь оттаивала. Лишь в период с 6 по 11 марта сформировался сплошной снежный покров. Но уже 12 марта началось интенсивное снеготаяние, и поля в этот же день обнажились от снега. Из табл. 39 следует, что при глубине вспашки 25—27 см, независимо от ее направления, стока с зяби практически не было; по заборонованной зяби сток равнялся 2,4 мм, а с многолетних трав 13,1 мм.

1961-62 г. Опыт проводился на III (зяблевая пахота), V (озимые) и VII полях почвозащитного севооборота. III поле находится на восточном склоне, почва здесь светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднесмытая. Поздняя осень была влажная, зима неустойчивая со слабыми морозами, преимущественно пасмурная с частыми оттепелями (26 дней с оттепелью). Дождевая и талая вода просачивалась в почву. Устойчивый снежный покров сформировался лишь в феврале. Глубина промерзания почвы при высоте снежного покрова 10—12 см достигала 65—80 см, а при высоте 20—25 см почва была практически талая. Это определило различную величину стока с разных угодий и элементов рельефа. В лесных полосах и при опушечной зоне со снежными шлейфами, а также в ложбинах вся снеговая вода просочилась в почву. Во время сильной оттепели 13—16 февраля имел место небольшой сток с озимых и с многолетних трав. Весенне снеготаяние началось 2 марта,

а сток наблюдался с 3 по 6 марта. В это время в виде дождя выпало 8 мм осадков.

Как видно из табл. 39, и весной 1962 г. сток с зяби на среднесуглинистой почве практически отсутствовал или был очень слабым. На заборонованной в два следа зяби он оказался намного больше (17,8 мм). При сравнении показателей стока с заборонованной зяби за три последних года видно, что в 1962 г. он был наибольший, что указывает на большую водность этого года. Повышенный сток с такой зяби объясняется главным образом уплотненностью верхнего 7–8-сантиметрового слоя почвы, уменьшением его скважности и сокращением инфильтрационной способности почвы в мерзлом состоянии. Аналогичный эффект дает перепашка зяби (в связи с более плотной упаковкой почвенных агрегатов), что также приводит к некоторому увеличению стока, хотя и в меньшей степени, чем боронование в два следа.

В 1962 г. отчетливо выявилось влияние механического состава почвы на величину стока с зяби. Детальными визуальными наблюдениями установлено, что на I поле, которое до этого находилось под многолетними травами и осенью 1961 г. было вспахано на 25–27 см (пласт), на участках с песчаной и супесчаной почвой имел место значительный сток, в то время как на части этого же поля с суглинистой почвой при больших уклонах стока не было. Его не было также и на других полях со светло-каштановыми суглинками, где проводилась более глубокая пахота, о чем сказано выше.

Показатели стока с разных участков многолетних трав весной 1962 г. были различные: в верхней половине VII поля с песчаной почвой 35,8 мм, в нижней его половине, где почва супесчаная, 21,9 мм. Однако в последнем случае уменьшение стока объясняется наличием в нижней части этой площадки снежного шлейфа от лесополосы, защитившего почву от промерзания и тем способствовавшего хорошему просачиванию здесь талой воды. Сток с озими был несколько больше, чем с многолетних трав.

1962–63 г. В подзоне светло-каштановых почв 1963 год был выдающимся по размерам половодья. Опыты проводились на I и VII полях. Почвенный покров на I поле сильно варьирует по механическому составу; в верхней половине поля (на восточном склоне) залегает преимущественно песчаная и супесчная почва, местами подстилаемая на глубине 35–50 см суглинистыми прослойками; в нижней его половине почва супесчаная и легкосуглинистая, подстилаемая на разной глубине средним суглинком. На южном отрезке склона, входящем в I поле, почва среднесуглинистая солонцеватая.

Почва ушла в зиму слабо увлажненной, но в период оттепелей с дождями 16–19 и 28–29 декабря и 1 января 1963 г. она дополнительно увлажнилась и затем замерзла на глубину

25—30 см. В период 7—10 января стояла глубокая оттепель (четвертая) с сильными дождями и туманами: сумма осадков за эти дни составила 42 мм. Снежный покров в это время полностью сошел с полей, на озимых, многолетних травах и на выгонах осталась тонкая ледяная корка на площади около 30—40%. 7—9 января наблюдался довольно сильный паводок, и были случаи прорыва плотин прудов и дамб водосбросов. В дальнейшем холодная погода с умеренными и сильными морозами еще неоднократно прерывалась оттепелями: 17—23 февраля; 8—9, 14—15 и 27—30 марта; всего за зиму насчитывалось 25 дней с оттепелью. Все эти оттепели сопровождались паводками. Завершающее весенне снеготаяние проходило со 2 по 5 апреля — это был шестой паводок.

Почва в течение первого периода зимы несколько раз замерзала и частично или почти полностью оттаивала. В дальнейшем, будучи сильно влажной, она промерзла на глубину 47—53 см и во время оттепелей слабо оттаивала лишь сверху, поэтому паводки проходили преимущественно по мерзлой почве.

Условия проведения опытов и результаты наблюдений изложены в табл. 40 и 41. В период оттепели 7—10 января стока с обычной зяби не было. Как установлено приблизительно, на заборонованной зяби и там, где после боронования провели бороздование, лункование и щелевание, его величина составляла на песчаной и супесчаной почве около 15—18 мм, а на суглинистой — около 10 мм. На многолетних травах сток равнялся примерно 22 мм и на травах со щелеванием примерно 7 мм. В первом случае образовавшаяся к концу оттепели ледяная корка занимала около 30—40% площади, во втором — около 20%, однако щели заполнились льдом, что сказалось на их дальнейшей работе. Меньшее распространение ледяной корки на щелевых участках объясняется тем, что талая вода перехватывается щелями и в меньшем объеме замерзает на поверхности почвы; вследствие этого водопроницаемость почвы здесь сохраняется на более высоком уровне.

Данные за период оттепели 17—23 февраля (а также 15—16 марта) показаны в графах 3 и 4 табл. 40. Они представляют большой интерес с точки зрения выявления эффективности различных приемов зяблевой обработки, так как при повторении паводков влияние разных агрофонов сглаживается и различия между ними как бы стираются. В верхнем ярусе поля сток был значительно меньше, чем в нижнем, где на стоковые площадки накладывался шлейф от лесной полосы. Направление вспашки не оказalo существенного влияния на величину стока. При глубине вспашки 20—23 см сток увеличился по сравнению с глубокой пахотой в верхнем ярусе на 4,9 мм, в нижнем на 10,1 мм. На площадках с лункованием и прерывистым бороздованием (13 и 12) показатели стока мало отличались от показателей на

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

Таблица 40

Просачивание и сток на светло-каштановых почвах в зимне-весенний период 1963 г.

Номер пло- щадки	Агротехнический фон	Оттепели 17—23/II и 8—15/III		Снеготаяние 27/III—6/IV		Суммарные показатели				Всего просо- чились в почву (мм)
		сток (мм)	коэффи- циент стока	сток (мм)	коэффи- циент стока	влагоза- пасы в снеге и осадки (мм)	просочи- лось в почву с 17/II по 6/IV (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	
1 поле. Восточный склон, верхний ярус, крутизна 3,5—3,8°. Почва песчаная и супесчаная										
6	Вспашка поперек склона на 27—30 см	9,0	0,28	21,8	0,53	78/156	47,2	30,8	0,39/0,20	125,2
9	Вспашка вдоль склона на 27—30 см	11,1	0,38	24,1	0,56	78/156	42,8	35,2	0,45/0,23	120,8
8	Вспашка вдоль склона на 20—23 см	16,0	0,45	28,1	0,65	82/160	37,9	44,1	0,54/0,28	115,9
5	Вспашка поперек склона на 27—30 см + боронование в два следа	17,3	0,50	21,7	0,52	81/159	42,0	39,0	0,48/0,25	105,0
4	То же	16,9	0,40	18,2	0,43	87/165	51,9	35,1	0,40/0,21	114,9
2	То же + снегозадержание (хворостом)	17,8	0,53	24,2	0,59	80/158	38,0	42,0	0,53/0,27	101,0
3	То же + снегозадержание (хворостом)	28,1	0,52	27,4	0,54	104/182	48,5	55,5	0,53/0,30	111,5
Нижний ярус, крутизна 3,5—4°. Почва супесчаная и частично легкосуглинистая										
15	Вспашка поперек склона на 27—30 см	20,7	0,43	24,2	0,58	94/172	49,1	44,9	0,48/0,26	127,1
18	Вспашка вдоль склона на 27—30 см	15,9	0,47	22,3	0,53	80/158	41,8	38,2	0,48/0,24	119,8
16	Двойная вспашка на 27—30 см (вдоль, затем поперек склона)	21,4	0,51	23,3	0,58	85/163	40,3	44,7	0,53/0,27	118,3
17	Вспашка вдоль склона на 20—23 см	26,8	0,74	26,3	0,61	84/162	30,9	53,1	0,63/0,33	108,9
14	Заборонованная зябь, вспашка на 27—30 см	25,8	0,54	25,5	0,61	94/172	42,7	51,3	0,55/0,30	102,7
13	То же + лункование	25,2	0,53	22,6	0,50	92/170	44,2	47,8	0,52/0,28	107,2
12	То же + бороздование через 3,5—4 м	26,7	0,51	23,0	0,50	100/178	50,3	49,7	0,50/0,28	113,3
1	То же, часть взрыхлена плоскорезом	21,3	0,53	21,9	0,52	86/164	42,8	43,2	0,50/0,26	105,8
11	Заборонованная зябь + щелевание на 40 см с расстоянием 0,8 м	18,8	0,49	24,0	0,57	83/161	40,2	42,8	0,50/0,27	103,2
Южный склон, крутизна 6°. Почва суглинистая										
10	Заборонованная зябь + щелевание (3,5°)	20,9	0,40	14,7	0,36	95/173	59,4	35,6	0,37/0,21	127,4
19	Двойная вспашка (почва солонцеватая)	19,1	0,35	17,8	0,36	103/181	66,1	36,9	0,36/0,20	144,1
20	То же, почва слабосолонцеватая	12,4	0,25	16,3	0,36	100/178	71,3	28,7	0,29/0,16	149,3
VII поле. Южный склон, крутизна 4,1—4,4°. Почва песчаная										
25	Травы 4-го года	28,3	0,65	25,5	0,58	86/165	32,2	53,8	0,63/0,46	89,2
26	То же	26,6	0,67	20,4	0,46	85/164	38,0	47,0	0,55/0,42	95,0
Южный склон, крутизна 6,3°. Почва супесчаная										
23	То же (контроль)	27,7	0,57	32,0	0,62	91/169	31,3	59,7	0,66/0,48	87,3
24	То же + щелевание с расстоянием 0,8 м	15,5	0,39	32,9	0,63	89/167	40,6	48,4	0,54/0,33	111,6

Примечание. В графе 7 знаменатель — сумма осадков холодного периода с учетом переотложения снега.

контроле (площадка 14). На суглинистой почве сток был меньше, чем на песчаной и супесчаной разностях.

По заборонованной зяби с щелеванием коэффициент стока также ниже, чем в аналогичном варианте на почве с легким механическим составом. Значения коэффициентов стока, колеблющиеся в зависимости от запасов снеговой воды, на нормальной зяби были меньше 0,5, а в вариантах с заборонованной зябью превышали 0,5. На суглинистой почве они во всех случаях были намного меньше 0,5. Щелевание многолетних трав обусловило уменьшение стока.

Сопоставляя показатели стока за период с 27 марта по 6 апреля, можно отметить, что они более или менее выровнялись в вариантах с глубокой нормальной и заборонованной зябью. Направление вспашки также не оказало существенного влияния на сток, а по глубокой пахоте сток был значительно меньше, чем по мелкой. На площадках с лунками, прерывистыми бороздами и щелеванием сток был почти одинаковый и немного меньше, чем на контроле. На суглинистой почве сток меньше на 7—10 мм по сравнению с песчаной и супесчаной разностями. 28 марта модули стока достигали следующих значений: на песчаной и супесчаной почвах в вариантах с заборонованной зябью 9—12 л/с с 1 га, на супесчаной и легкосуглинистой, где было больше снега, около 14 л/с; на песчаной и супесчаной почвах в вариантах с обычной глубокой зябью 7,5—8 л/с, на супесчаной и легкосуглинистой почве 8,5—11,6 л/с; на этих же почвах с более мелкой пахотой 10—11,8 л/с.

На суглинистой почве наибольшие модули колебались от 6,4 до 6,8 л/с.

Суммарные за зимне-весенний период коэффициенты стока с заборонованной зяби в верхнем ярусе варьировали от 0,403 до 0,533, а среднее значение их составляло $0,485 \pm 0,037$ ($p = 3,5\%$). Наибольшая величина и коэффициент стока были на площадке со снегозадержанием. Средний из шести определений коэффициент стока с заборонованной зяби в двух ярусах равнялся $0,498 \pm 0,015$ ($p = 3,8\%$). На площадках с лунками, прерывистыми бороздами и щелеванием значения коэффициента стока близки между собой. Интересно отметить, что в условиях повторяющегося снеготаяния и стока задержанная в бороздах и лунках талая вода после некоторого стояния просачивалась в почву, т. е. микрорельеф «работал» несколько раз. Тем не менее в конечном счете его эффективность оказалась невысокой, около 7,5 мм.

Осредненные показатели стока талых вод за 1963 г. представлены в табл. 41. На песчаной и супесчаной почвах они несколько меньше, чем на супесчаной и легкосуглинистой. Это связано не только с меньшими запасами снеговой воды в верхнем ярусе I поля, но и с несколько повышенной инфильтрационной способностью более опесчаненной почвы. На сугли-

Таблица 41

Осредненные показатели стока на светло-каштановых почвах за 1963 г.

Почвенная разность	Влагозапасы в снеге + осадки (мм)	Суммарный сток (мм)		Коэффициент стока
		в январскую оттепель	за период 17/II—6/IV	
Зяблевая пахота поперек склона на 27—30 см				
Песчаная и супесчаная	78	0	30,8	0,394/0,197
Супесчаная и легкосуглинистая	94	0	44,9	0,477/0,261
Среднее	86	0	37,9	0,441/0,231
Пахота вдоль склона на 27—30 см				
Песчаная и супесчаная	78	0	35,2	0,451/0,226
Супесчаная и легкосуглинистая	80	0	38,2	0,477/0,242
Среднее	79	0	36,7	0,465/0,234
Пахота вдоль склона на 20—23 см				
Песчаная и супесчаная	82	0	44,1	0,537/0,276
Супесчаная и легкосуглинистая	84	0	53,1	0,632/0,328
Среднее	83	0	48,6	0,586/0,302
Заборонованная зябь (глубина вспашки 27—30 см)				
Песчаная и супесчаная	88	15	42,9	0,488/0,349
Супесчаная и легкосуглинистая	94	18	51,3	0,546/0,402
С поделкой микрорельефа и щелеванием	92	15	46,8	0,509/0,363
Средневзвешенные показатели	90	15,7	45,5	0,506/0,366
Суглинистая (с щелеванием)	95	10	35,6	0,374/0,263
Зябь, двойная вспашка				
Суглинистая слабосолонцеватая	100	0	28,7	0,287/0,161
То же, сильносолонцеватая	103	0	36,9	0,358/0,204
Среднее	102	0	32,8	0,322
Люцерно-житняковая травосмесь				
Песчаная	85	22	50,4	0,593/0,439
Преимущественно супесчаная	91	22	59,7	0,656/0,483
Средневзвешенные показатели	87	22	53,5	0,615/0,455
Супесчаная (с щелеванием)	89	7	48,4	0,540/0,332

нистой почве показатели стока значительно меньше, чем на легких разностях.

Вопрос о влиянии механического состава почвы на величину весеннего стока с зяби в литературе не освещался с привлечением экспериментальных материалов; широко распространено мнение, что на песчаных и супесчаных почвах сток ниже, чем на суглинистых. Однако нашими исследованиями установлено, что в каштановой зоне (мы полагаем, что это же относится и к черноземам) на легких почвах формируется более сильный

сток талых вод с зяби, чем на суглинках; превышение достигает 30—40 %. Это объясняется, с одной стороны, бесструктурностью почв легкого механического состава, их свойством быстро уплотняться после вспашки, что приводит к частичной закупорке почвенных пор ледяными тромбами, а с другой стороны, способностью суглинистых почв в большей степени сохранять свою скважность, созданную зяблевой обработкой, что обеспечивает лучшую инфильтрацию в них талой воды. Суммарные показатели стока с многолетних трав на песчаной почве меньше, чем на супесчаной, главным образом в связи с меньшими снегозапасами здесь и более ранним исчезновением ледяной корки перед последним сроком снеготаяния. На площадке с щелеванием сток уменьшился на 23 мм.

Давая общую характеристику стока за 1963 г., можно отметить, что на легких почвах при глубине зяблевой вспашки 27—30 см он был умеренный и сильный (при повышенных снегозапасах), а на заборонованной зяби, в том числе с поделкой микрорельефа, — сильный, приближаясь к очень сильному; при глубине вспашки 20—23 см он также был сильный. На суглинистых почвах сток был значительно меньше, чем на аналогичных вариантах обработки песчаных и супесчаных почв. На многолетних травах сформировался сильный и очень сильный сток; он был больше, чем в любом другом году 22-летнего периода, о котором у нас имеются сведения. Мы полагаем, что это был сток 3%-ной обеспеченности. По мере продвижения на север он уменьшался: в районе Камышина сток был намного слабее, а в Куйбышевской области, даже на уплотненной пашне, он был слабый или отсутствовал.

1963-64 г. Почва ушла в зиму во влажном состоянии. В дни с оттепелью 17—18 и 21—22 декабря выпало в виде дождя еще 22 мм. На озимых и многолетних травах в эти дни наблюдался небольшой сток (около 2 мм). В оттепель 21 февраля прошел дождь (9 мм). Влажная почва затем промерзла на 70—75 см, что создало условия для формирования значительного весеннего паводка. Однако весна была затяжной, и сток с нормальной и заборонованной зяби был очень слабый и слабый (до 12,8 мм), а на многолетних травах умеренный (23,2 мм и 30,4 мм) (табл. 42).

1964-65 г. Осенью выпало всего 43 мм осадков, но в дальнейшем до 7 января стояла осенняя погода с моросящими дождями и мокрым снегом; затем установилась зима. В оттепель 1—2 февраля в виде дождя выпало 9 мм, после чего увлажненная почва промерзла до 52—78 см. К началу весеннего снеготаяния снега осталось мало и сток с обычной зяби составил 4,2 мм, а с заборонованной в среднем 10,7 мм; на озимых и многолетних травах он был умеренный (25,8 и 24,4 мм). 1965 год для подзоны светло-каштановых почв характеризовался умеренным половодьем.

Таблица 42

Просачивание и сток талых вод на светло-каштановых почвах в 1964 и 1965 гг.

Агротехнический фон	Влагозапасы в снеге + осадки весны (мм)	Просо- чились в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1964 г. Сумма осадков холодного периода 119 мм. Верхний ярус I поля; крутизна 3,6—3,8°; почва песчаная и супесчаная; площадки 0,19—0,20 га				
Зябь, вспашка на 27—30 см (3)	44	42,1	1,9	0,043/0,016
То же+боронование (2)	49	37,5	9,3	0,185/0,078
Вспашка на 20—22 см вдоль склона	48	42,6	5,4	0,112/0,045
Нижний ярус. Крутизна 3,5—3,8°; почва супесчаная и легкосуглинистая; площадки 0,13—0,14 га				
Вспашка поперек склона на 27—30 см	47	46,1	0,9	0,019/0,008
То же+боронование	48	38,4	9,6	0,201/0,082
Вспашка вдоль склона на 20—22 см	66	58,5	7,5	0,114/0,065
Травы 5-го года (VII поле, 5,5°)	54	30,8	23,2	0,430/0,195
II поле. Крутизна 3—3,5°; почва легкосуглинистая; площадки 0,13—0,15 га				
Вспашка на 27—30 см (6)	70	68,7	0,3	0,019/0,003
То же+боронование (2)	55	42,2	12,8	0,233/0,108
Травы 3-го года (V поле, 4°)	94	63,6	30,4	0,324/0,256
1965 г. Сумма осадков холодного периода 118 мм. Крутизна склона 5—6°, почва легкосуглинистая, площадки 0,10 га (зябь); крутизна 3,8°, почва супесчаная, площадки 0,14 га (озимые)				
Вспашка поперек склона на 25—27 см	31	26,8	4,2	0,136/0,036
То же+боронование	28	17,3	10,7	0,382/0,091
Озимая пшеница по черному пару (2)	39	13,2	25,8	0,662/0,219
Травы 4-го года	45	20,6	24,4	0,541/0,20 ⁴

Рассмотрим материалы по стоку за 1966—1970 гг. (табл. 43).

1965-66 г. Погода в зимний период отличалась крайней неустойчивостью. Осадки выпадали частично в виде снега, но больше в виде дождя. Всего с середины ноября по февраль выпало 192 мм осадков, а включая март — 233 мм. Глубина промерзания почвы на 31 января составляла 24—39 см при мощности снежного покрова 7—8 см и 18—34 см при его мощности 10—11 см. Во время глубокой оттепели 7—10 и затем 13—14 февраля почти весь снег растаял. В эти дни с многолетних трав и с заборонованной зяби наблюдался небольшой сток,

СТОК ТАЛЫХ ВОД С ЗЯБЬЮ Таблица 43

Просачивание и сток талых вод на светло-каштановых почвах
Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ в 1966—1970 гг.

Агротехнический фон	Влагозапасы в снеге + осадки весны (мм)	Просачиваемость в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1966 г. Крутизна склона 3—3,5°; почва песчаная и супесчаная; площадки 0,15—0,20 га				
Зяблевая вспашка на 25—27 см	15	15,0	0	0
То же + боронование	15	12,2	2,8	0,184/0,015
Вспашка на 20—22 см	15	14,8	0,2	0,013/0,001
Крутизна склона 5,3° (зябь); почва легкосуглинистая; площадки 0,10 га				
Вспашка поперек склона на 25—27 см	15	14,4	0,6	0,040/0,003
То же + боронование	15	7,5	7,5	0,50/0,039
Травы 6-го года (крутизна 12°)	15	7,7	7,3	0,48/0,038
1967 г. Крутизна 3—3,5°; почва супесчаная и легкосуглинистая				
Зяблевая вспашка (5)	143	143	0	0
Травы 3-го года	189	189	0	0
То же	241	239,8	1,2	0,005
1968 г. Крутизна 5,5—6°; почва супесчаная и легкосуглинистая				
Зяблевая вспашка на 25—27 см (5)	44	28,1	15,9	0,205/0,075
Травы 2-го года (2)	150	125,5	29,5	0,197/0,09
1969 г. Крутизна 3,5—3,8°; почва супесчаная и легкосуглинистая				
Зяблевая вспашка на 25—27 см	11	11	0	0
Травы 3-го года	17	8,4	2,6	0,253/0,035
1970 г. Крутизна 3,5—4°; почва легко и среднесуглинистая				
Вспашка на 27—30 см (2)	129	122,5	6,5	0,050
Полупаровая обработка	120	95,3	24,7	0,206
То же + позднеосенняя перевешка	140	136,2	5,8	0,040
Озимые (2)	128	99,6	28,4	0,221
Травы (крутизна 4 и 6°) (2)	144	101,2	42,8	0,297

около 7,5 мм (табл. 43), за счет таяния остатков снега и за счет дождя; стока с обычной зяби не было или он был незначительный. 1966 г. был маловодный.

1966-67 г. После засушливой осени с 3 декабря 1966 г. установилась зима, характеризовавшаяся устойчивой погодой, без сильных оттепелей. В декабре выпало в виде снега 122 мм осадков, а всего за декабрь—март 215 мм. Мощность снежного покрова составляла 40—52 см. Иссушенная почва промерзла слабо и создались весьма благоприятные условия для поглощения почвой талых вод. Сток с зяби отсутствовал, а с многолетних трав он был очень незначительный, лишь в местах снежных сугробов (табл. 43).

1967-68 г. Осень была очень засушливая. В дальнейшем с середины ноября по март выпало в виде снега и дождя 297 мм. В оттепель 7—13 декабря ранее выпавший снег растаял, после этого образовался новый снежный покров, который частично сошел в оттепель 26—28 декабря; в это время наблюдался небольшой сток с озимых. В третью оттепель с 31 декабря по 5 января весь снег стаял, на озимых сформировался значительный сток. Затем проходили снегопады. Глубина промерзания почвы колебалась от 32—52 до 100 см при несильной льдистости. В оттепель с 16 по 25 февраля снег постепенно таял, при этом наблюдался небольшой сток на травах. В марте снеготаяние проходило в два периода: с 8 по 12 и с 15 по 21, когда полностью растаял весь снег. Площадки с зяблевой вспашкой в этом году располагались на южном склоне преимущественно с супесчаной почвой, а с травами — на восточном. Как видно из табл. 43, сток с зяби составил в среднем 15,9 мм при коэффициенте стока 0,265/0,075, а с многолетних трав 29,5 мм при коэффициенте 0,197/0,099. 1968 г. был довольно многоводный.

1968-69 г. Осадки за период сентябрь—ноябрь составили 113 мм, в декабре их было 14 мм, в январе и феврале всего 13 мм. Начиная с 20 ноября стал формироваться снежный покров, но в оттепель 19—29 декабря снег полностью растаял. В дальнейшем стояла очень холодная погода, и обнаженная от снега почва промерзла на глубину 150—180 см. Лишь в первой декаде марта сформировался снежный покров мощностью около 9 см. Из-за малого количества снега на полях сток практически отсутствовал или был очень слабый.

1969-70 г. За осенние месяцы выпало 108 мм осадков и почва ушла в зиму при повышенном увлажнении; сумма осадков за холодный период (декабрь—март) составила 266 мм (225% нормы), в том числе в виде дождя 124 мм. Зима характеризовалась переменной погодой с глубокими оттепелями, сопровождавшимися зимними паводками. Паводки наблюдались в январе (16—17), феврале (6—7, 11—12 и 16—19) и в марте (13—14, 17—18 и 29—30). Во время оттепелей снег, как правило,

почти полностью ставил; в периоды похолоданий формировался новый снежный покров. Глубина промерзания почвы на обычной зяби колебалась в пределах 60—80 см, а на площадках с плоскорезной обработкой, где было больше снега, около 50 см; льдистость почвы была умеренная. 17—18 и 29—30 марта выпало в виде дождя соответственно 30,9 и 32,5 мм осадков.

Из табл. 43 видно, что суммарный сток с нормальной зяби равняется в среднем 6,5 мм (коэффициент стока 0,05), а с участков полупаровой обработки, состоявшей из боронования в два следа и трехкратной культивации зяби (по мере появления сорняков), 24,7 мм (коэффициент стока 0,206). Перепашка полупара поздней осенью, приведшая пахотный горизонт в рыхлое состояние, обусловила резкое уменьшение стока на 18,9 мм. Сток с озимых был умеренный (28,4 мм), а с многолетних трав сильный (42,8 мм). Приведенные данные показывают, что 1970 г., как и 1968 г., был многоводный.

Данные по стоку талых вод на светло-каштановых почвах за период 1950—1970 гг. сведены в табл. 44. В ней представлены средние показатели стока с песчаных, супесчаных и суглинистых разностей почв. Величины и коэффициенты стока с зяби получены в результате их осреднения для пахоты вдоль и поперек склона при глубине 20—22 и 25—30 см.

Из табл. 44 следует, что за последний 21 год умеренный и сильный сток с зяби наблюдался лишь один раз весной 1963 г., умеренный два раза — в 1951 и 1956 гг. и слабый один раз — в 1968 г. В остальные 17 лет семь вёсен было с очень слабым стоком (от 1,3 до 4,2 мм) и 10 вёсен практически без стока.

На кривой обеспеченности (рис. 13) видно, что сток с зяби больше 20 мм обеспечен на 18%, т. е. бывает в среднем два раза в 10 лет; в остальные 8 лет он очень слабый или отсутствует. Сток с уплотненной пашни за 14 лет наблюдений два раза был сильный, шесть раз умеренный, три раза слабый, три раза очень слабый или стока не было. Напомним, что и слабый сток (8—20 мм) может вызвать на круtyх склонах значительную эрозию. Средний слой стока с зяби за 21-летний период составляет 6,2 мм при коэффициенте стока 0,117/0,044, а с уплотненной пашни за 14 лет соответственно 24,8 мм и 0,427/0,176. Коэффициент стока с уплотненной пашни в среднем в 3,7—4 раза, а его величина в 4,4 раза больше, чем с зяби.

Познание закономерностей формирования стока талых вод с сельскохозяйственных угодий и фактических его показателей позволяет более правильно подойти к вопросу задержания и регулирования стока на зяблевой пахоте и других угодьях и имеет важное значение для учета водных ресурсов земледелия.

Выше мы видели, что в период 1960—1962 гг. сток талых вод и смыв с зяби практически отсутствовал или был небольшой. Существенный интерес представляют данные по смыву за 1963 г., когда наблюдался сильный сток (табл. 45). При рас-

Таблица 44

Средние показатели стока талых вод на светло-каштановых почвах опытного хозяйства ВНИАЛМИ (Волгоград)

Год	Осадки холодного периода (мм)	Зяблевая обработка			Уплотненная пашня		
		влагозапасы в снеге + осадки (мм)	сток (мм)	коэффициент стока	влагозапасы в снеге + осадки (мм)	сток (мм)	коэффициент стока
1950	70	35	0	0	45	12,0	0,267/0,171
1951	94	31	21,7	0,70/0,236	—	—	
1952	154	101	4,2	0,041/0,027	—	—	
1953	162	28	0	0	—	—	
1954	52	55	0	0	—	—	
1955	97	22	0	0	—	—	
1956	134	55	26,0	0,473/0,194	—	—	
1957	93	26	4,0	0,154/0,043	—	—	
1958	175	47	7,7	0,164/0,044	40	25,1	0,628/0,143
1959	86	93	0	0	92	50,8	0,552
1960	116	16	0	0	16	10,2	0,637/0,088
1961	100	21	0,3	0,014/0,003	18	13,1	0,728/0,131
1962	190	74	1,3	0,018/0,007	77	33,8	0,438/0,178
1963	167	92	35,9	0,390/0,215	137	75,5	0,551/0,452
1964	103	61	2,1	0,034/0,020	74	26,8	0,362/0,260
1965	118	31	4,2	0,136/0,036	41	25,3	0,617/0,214
1966	192	15	0,3	0,020/0,002	15	7,3	0,487/0,038
1967	215	143	0	0	189	0	0
1968	297	44	15,9	0,265/0,075	150	29,5	0,197/0,099
1969	76	11	0	0	17	2,6	0,253/0,035
1970	266	129	6,5	0,050/0,024	136	35,6	0,262/0,184
Средние	141	54	6,2	0,117/0,044	75	24,8	0,427/0,176

$$K_{\Pi}/K_p = 3,7 \div 4,0$$

смотрении данных табл. 45 бросается в глаза их разнобой. На площадках 1—5 с заборонованной зяблью величины смыва колебались от 9,8 до 26 м³/га, причем они не коррелируют с величинами стока. Например, на площадке 4 сток был наименьший — 35,1 мм, а с учетом стока в январскую оттепель — 50 мм, смыв же наибольший — 26 м³/га. На одних площадках самый большой смыв замерен в нижней их части, а на других — в средней. Все это объясняется погрешностями метода. Они происходят и от неравномерного обнажения от снега разных участков площадок, что приводит к различному выносу почвы с этих участков, и от наличия микрорельефа поверхности, обуславливающего различную интенсивность смыва в разных местах, и от того, что вода прокладывает русла, используя готовые бороздки и депрессии, но это невозможно учесть при замерах водородин, и от неточности конкретных измерений, и от других причин.

почви
вался
годами

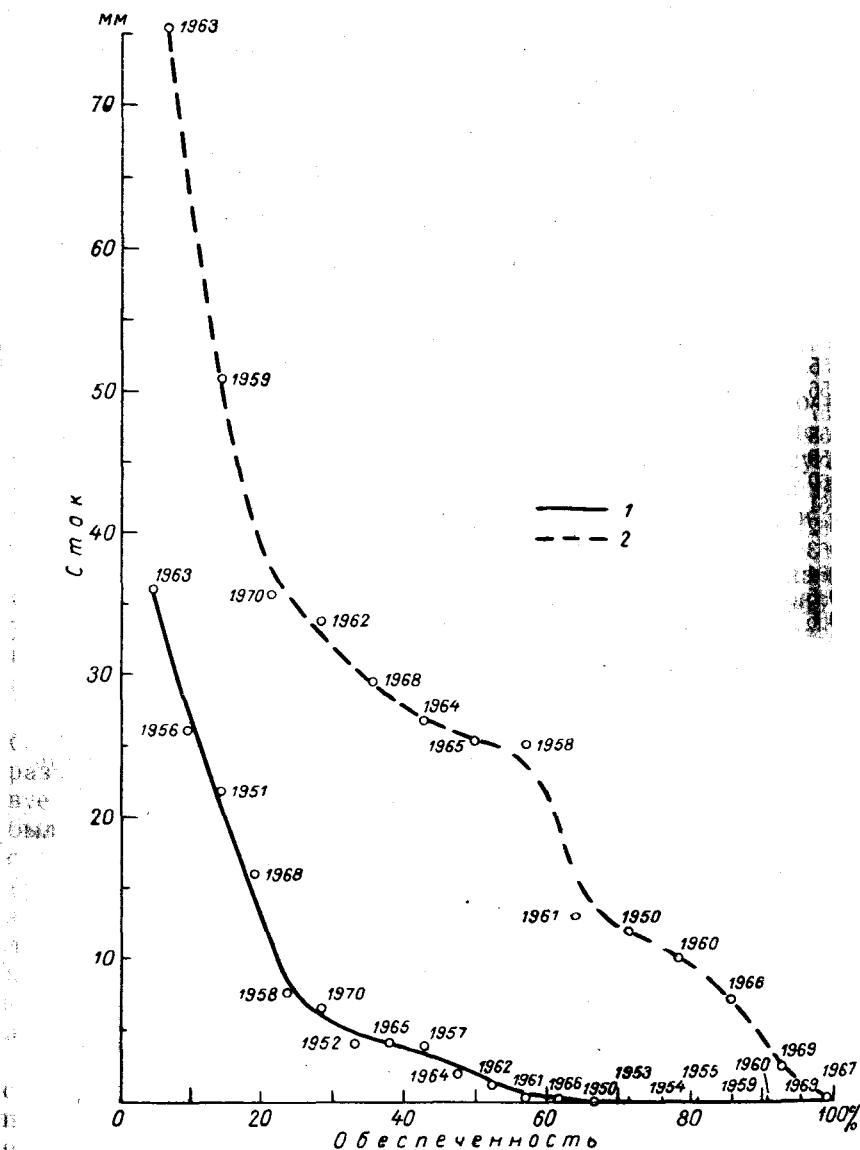


Рис. 13. Кривые обеспеченности стока на светло-каштановых почвах (Волгоградское опытное хозяйство ВНИАЛМИ).

Сток: 1 — с зайби, 2 — с уплотненной пашни.

1963

1964

Таблица 45
Смыв светло-каштановых почв в 1963 г. (учтен по водоройнам)

Номер площадки	Сток (мм)	Смыв ($\text{м}^3/\text{га}$)				Расчетная средняя КТС ($\text{кг}/\text{м}^3$)
		верх	середина	низ	среднее	
Почва песчаная и супесчаная						
6	30,8	5,0	8,0	16,5	9,8	31,8
9	35,2	7,0	17,4	24,2	16,2	46,0
7	—	—	28,6	—	28,6	—
8	44,1	6,8	7,0	24,4	12,7	28,8
5	15 + 39,0	5,5	15,3	8,5	9,8	18,9
4	15 + 35,1	16,7	21,1	43,0	26,0	51,9
3	15 + 55,0	8,4	22,3	11,0	13,9	19,9
2	15 + 42,0	7,4	17,3	14,5	13,1	23,0
Почва супесчаная и частично легкосуглинистая						
15	44,9	5,8	8,4	4,9	6,3	14,0
18	38,2	7,4	16,2	9,6	11,1	29,1
16	44,7	—	93,5	—	93,5	209,2
17	53,1	2,7	6,3	15,4	8,1	15,3
14	15 + 51,3	4,8	5,3	14,0	8,0	12,1
13	12 + 47,8	8,0	13,9	10,5	10,8	18,1
12	12 + 49,7	5,2	9,3	20,3	11,6	17,2
1	7 + 43,2	4,8	25,9	20,3	17,0	33,9
11	12 + 42,8	7,8	15,6	9,3	10,9	19,9
Почва суглинистая						
10	10 + 35,6	4,1	1,4	4,7	3,4	7,5

Несмотря на разнообразие цифр, в них проявляется и определенная закономерность, связанная с характером прохождения стока. В условиях, когда почва оттаяла сверху лишь на несколько сантиметров, в ряде случаев при более концентрированном прохождении одного и того же объема воды происходит меньший вынос почвы, чем при рассеянном стоке. Наибольший смыв зафиксирован на площадке 7 (верхний ярус) — $28,6 \text{ м}^3/\text{га}$ и на площадке 16 (нижний ярус) — $93,5 \text{ м}^3/\text{га}$; однако это не истинные величины смыва. Названные две площадки два раза вспаханы: сначала поперек, а затем вдоль склона, и при повторной вспашке между ними образовались хорошо выраженные гребни и бороздки, суживающиеся книзу. Их края поднимаются ручейками, и почва укладывается на дно; в результате образуются более широкие русла. Раскопкой установлено, что в каждом из них имеется наслойение переотложений почвы толщиной от 0,5 до 2 см. Очевидно, что большая часть сечения каждой водоройны среди гребней образуется за счет пустого пространства

борозд, в результате подмыва стенок. Поэтому величины смыва на площадках, вспаханных вдоль склона, в огромной степени преувеличены, особенно на дважды вспаханных. Но они сильно завышены и на всех других площадках.

Сопоставим данные по смыву, изложенные в табл. 45, с мутностью сточной воды, найденной 28 марта 1963 г., когда она была наиболее высокой (табл. 46). Как видно, наибольшая мутность воды на последнем этапе снеготаяния была около $10 \text{ кг}/\text{м}^3$. Допустив, что во все периоды снеготаяния вода имела среднюю мутность $5 \text{ г}/\text{л}$, получим величину смыва, например, на 4-й площадке $2,5 \text{ т}/\text{га}$ при суммарном стоке около 50 мм , а вместе с осадками, отложившимися перед водосливом, около $3,2 \text{ т}/\text{га}$. Величина же смыва при замере водороин составила $26 \text{ м}^3/\text{га}$, а в весовом выражении около $39 \text{ т}/\text{га}$. Метод водороин в ряде случаев дает сильно искаженную картину смыва. На площадках с многолетними травами смыв в 1963 г. не превышал $0,5-1 \text{ м}^3/\text{га}$. В 1964 г. смыв на зяби колебался в пределах $2,2-3,8 \text{ м}^3/\text{га}$, а по твердому стоку не превышал $390 \text{ кг}/\text{га}$. На многолетних травах смыва практически не было. В 1965 г. при замерах по водороинам он варьировал от $4,2 \text{ м}^3/\text{га}$ на нормальной зяби до $12,1 \text{ м}^3/\text{га}$ на заборонованной, а по твердому стоку не превышал соответственно 200 и $760 \text{ кг}/\text{га}$. Смыв с озимых равнялся $1,1 \text{ м}^3/\text{га}$ (учтен по водороинам).

Таблица 46
Мутность сточной воды по замерам 28 марта 1963 г.

Номер площадки	Время (ч мин)	Расход (л/с)	Мутность	
			г в 300 см^3	$\text{кг}/\text{м}^3$
6	14 30	1,4	1,07	3,5
6	15 00	0,9	3,04	10,1
5	14 30	1,3	2,14	7,1
5	15 00	1,1	1,45	4,8
4	14 20	1,3	2,93	9,7

В течение последних пяти лет сток проходил преимущественно по мерзло-талой почве растянуто во времени, поэтому смыв был сравнительно небольшой: в 1966 г. он наблюдался лишь на заборонованной зяби и равнялся при замерах по водороинам около $3,8 \text{ м}^3/\text{га}$, а по твердому стоку около 700 кг ; в 1968 г. вынос почвы с зяби составлял около 470 кг (по твердому стоку); в 1970 г. он колебался на разных полях в широких пределах — от $1,6$ до $7,6 \text{ м}^3/\text{га}$ (по водороинам), а в отдельных случаях достигал $10 \text{ м}^3/\text{га}$.

Анализируя материалы влажности, мы пришли к выводу, что в условиях неоднородного литологического состава почв их

влажность и запасы влаги распределяются неравномерно по профилю; они значительно колеблются по слоям и сильно варьируют в разных точках по площади [151]. На большие отклонения влагозапасов метрового слоя почвы в разных точках водосбора с неоднородным составом почвогрунтов указывает А. Р. Константинов [79].

Определения влажности, проведенные в 1962-63 г., показали еще более пеструю картину: запасы весенней влаги в почве были намного меньше, чем осенних; дефицит в 1,5-метровом слое почвы колебался от 14 до 50 мм и достигал иногда 344 мм. Отсутствие закономерной картины в распределении влаги объясняется большой пестротой литологического состава почв. Когда при определении осенней влажности из скважин в данной точке случайно вынимаются буром образцы более тяжелого механического состава, а весной — более легкого (с соответствующими глубин), получается большая «убыль» влаги, при обратном сочетании — «излишки» ее.

Данные по влажности за 1963-64 г. также не согласуются с другими статьями водного баланса почвы. Приведем результаты определения влажности (из материалов А. Т. Барабанова) лишь на одной из площадок II поля, где она бралась в пяти точках (в 3-кратной повторности) на расстоянии 15—20 м одна от другой (табл. 47). В данном случае на каждые 300 м²

Таблица 47

Влажность почвы и запасы влаги осенью и весной на площадке с заборонованной зябью по слоям

Номер точки	0—50 см			0—100 см			0—150 см			прибавка (+) или дефицит (-)
	осень 1963 г.	весна 1964 г.	прибавка	осень 1963 г.	весна 1964 г.	прибавка	осень 1963 г.	весна 1964 г.	прибавка	
1	11,2 91,5	13,2 107,3	2,0 15,8	9,7 158,4	13,3 216,0	3,6 57,6	10,9 268,1	12,4 306,0	+15 +38,9	
2	10,7 87,1	12,4 100,6	1,7 13,5	10,7 173,9	12,4 202,2	1,7 28,3	12,0 295,6	11,3 278,0	-0,7 -17,6	
3	9,8 80,1	11,9 97,2	2,1 17,1	7,5 122,9	9,9 161,1	2,4 38,2	7,5 183,7	8,9 219,1	+1,4 +35,4	
4	10,5 85,2	11,1 90,6	0,6 5,4	8,3 135,2	9,2 150,0	0,9 24,8	10,1 248,8	8,1 199,5	-2,0 -49,3	
5	10,9 38,8	14,9 121,2	4,0 32,4	13,0 211,5	14,9 228,8	1,9 17,3	13,5 276,5	14,0 287,0	+0,5 +10,5	

Примечание. В числителе дана средняя влажность (%), в знаменателе — запасы влаги (мм).

площади приходится одна точка. Из табл. 47 видно, что при одном и том же агрофоне прибавка влаги по слоям колеблется в больших пределах.

Вариационно-статистические показатели точности определения запасов влаги в почве (мм) даются в табл. 48. Для слоя почвы 0—50 см с более однородным литологическим составом варьирование влагозапасов меньше при указанной частоте точек (одна на 300 м²) и точность определения более высокая, особенно в осенний период, когда почва иссушена. Для слоя 0—100 и 0—150 см, чтобы повысить точность ответа до 5%, нужно увеличить количество точек на указанную площадь до 11—19, что практически невыполнимо.

Таблица 48

Вариационно-статистические показатели точности определения запасов влаги в почве по слоям

Показатель	0—50 см		0—100 см		0—150 см	
	осенью	весной	осенью	весной	осенью	весной
Среднее арифметическое M , мм	86,5	103,4	160,4	191,6	254,5	257,9
Основное отклонение σ , мм	4,9	11,6	34,8	31,3	43,0	46,0
Средняя ошибка m , мм	2,2	5,2	15,5	14,0	19,2	20,5
Вариационный коэффициент V , %	5,7	11,3	21,7	16,3	16,9	17,8
Точность опыта p , %	2,5	5,0	9,7	7,3	7,5	7,9
Требуемое количество точек, чтобы точность ответа равнялась 5%	—	5	19	11	11	13

Таким образом, определение влажности в условиях неоднородного литологического состава почв не позволяет с достаточной точностью находить запасы влаги в ней и давать оценку гидрологической эффективности различных агротехнических приемов. Для этого требуется прямое определение стока как важнейшей статьи водного баланса.

4. Сток и факторы его формирования

Зоны повышенной водности

Под зоной повышенной водности мы понимаем полосу земли, на которой формируется более сильный весенний сток с зяби (а иногда и с уплотненной пашни), чем на полосах, прилегающих к ней с севера и юга или с северо-запада и юго-востока. Согласно карте среднего весеннего стока Д. Л. Соколовского,

сток постепенно уменьшается с севера на юг и юго-восток, что связано с уменьшением количества осадков и осеннего увлажнения почвы, а также повышением температуры воздуха. Однако если проследить по отдельным годам изменение стока с зяби в зональном разрезе, то в ряде случаев не обнаруживается та картина плавных переходов, которая изображена изолиниями на карте; в некоторые годы выявляется своеобразная инверсия в его широтном и долготном распределении.

Для лучшего обзора представим это распределение в виде схематических графиков, отображающих слой стока на территории по годам. В настоящее время имеется возможность такого изображения стока лишь на трех профилях, проходящих в виде ломаных линий через пункты, где изучали сток. Первый (половозжеский) профиль проходит в общем с севера на юг и юго-запад по линии Кинель, Тимашево, АГЛОС Куйбышевской области — гидрологические станции Саратовской области — район Камышина — район Волгограда (рис. 14); второй (центральный) профиль идет с севера на юг по линии Загорский и Серебрянопрудский районы Московской области — Новосильская АГЛОС Орловской области — Иванинский, Льговский и Курский районы Курской области — Каменная степь Воронежской области — ст. Персиановка и Дубовское Ростовской области; третий профиль простирается с запада на восток и северо-восток по линии Курская область — Каменная степь — Балашовская сельскохозяйственная опытная станция — район Саратова (Гусельская станция) — Толстовская станция — Поволжская АГЛОС (и Тимашево) — Кинель (рис. 15). Эти графики лишь схематично рисуют картину распределения стока с зяби и его изменений по зонам, так как полученные характеристики его в каждом пункте еще недостаточно отражают многообразие почвенно-грунтовых условий, степени эродированности почв и уровня агротехники.

Анализируя графики и другие материалы, мы попытались разделить годы по характеру распределения на территории слоя стока с зяби на три группы: 1) годы с нормальным его распределением, когда в северных районах степной зоны он выше, а по мере продвижения на юг и юго-восток постепенно уменьшается; 2) годы с равномерным распределением стока по всей степной зоне и 3) годы с резко выраженной инверсией стока, когда формируются зоны повышенной водности. Последняя группа включает две подгруппы: а) годы с широтной инверсией, когда ось зоны повышенной водности простирается в общем с запада на восток, т. е. сток с зяби увеличивается до некоторого предела по мере продвижения на юг зоны, после чего начинает уменьшаться; б) годы с долготной инверсией, когда сток увеличивается в восточном или северо-восточном направлении и ось зоны повышенной водности имеет направление в общем с севера на юг или северо-запада на юго-восток. Для четкого

выявления границ зон повышенной водности в ряде случаев недостает материалов и о них можно лишь догадываться.

Нормальное распределение стока (1-я группа лет) обусловливается влиянием зональных климатических факторов, связанных с различным притоком солнечной энергии, а также влиянием морей и океанов: на него оказывают влияние и почвенные

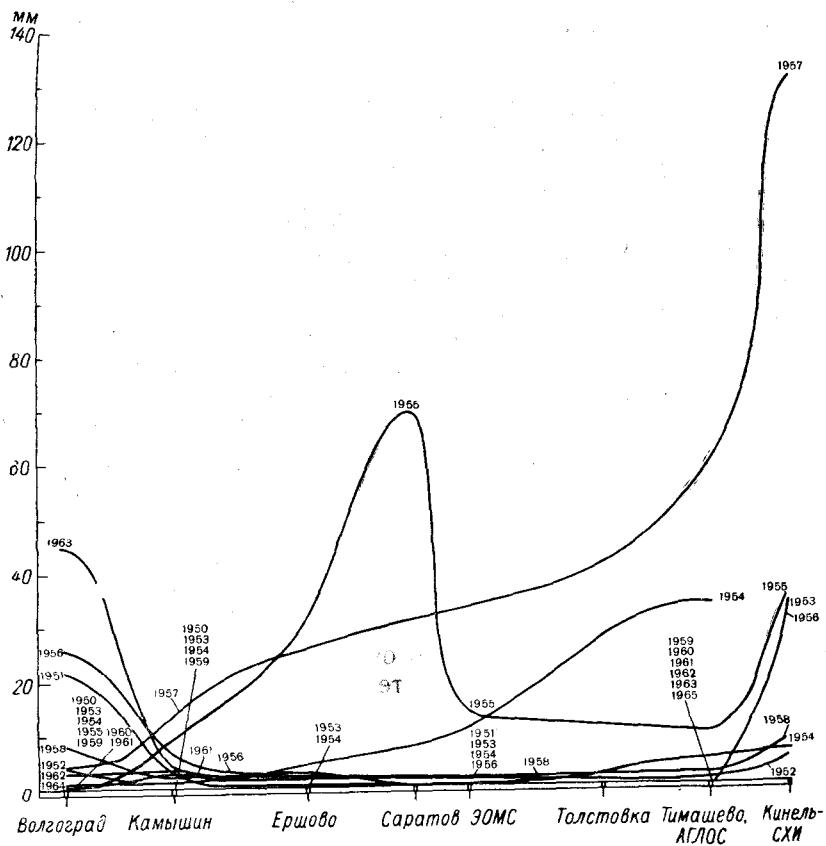


Рис. 14. Распределение стока с зяби в Среднем и Нижнем Поволжье (широтное).

условия того или иного района. К 1-й группе в пределах лесостепной и степной зон относятся годы с повышенной водностью и многоводные годы, т. е. 1952 г. (по центральному профилю) и 1957 г. (по поволжскому профилю). Равномерное распределение стока с зяби (2-я группа) обусловливается несколько иным взаимодействием климатических и почвенных, а также агротехнических факторов; здесь в большинстве случаев почвенному фактору принадлежит ведущая роль. Так, при переходе от серых лесных почв к черноземам слой стока резко падает.

Ко 2-ой группе относится большинство лет, которые отличаются отсутствием или очень слабым стоком с зяби по всей степной зоне, включая и выщелоченные черноземы лесостепи. Это 1950, 1954, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962 и 1965 гг.; 1954, 1958, 1961 и 1962 гг. характеризуются малой водностью не только в преде-

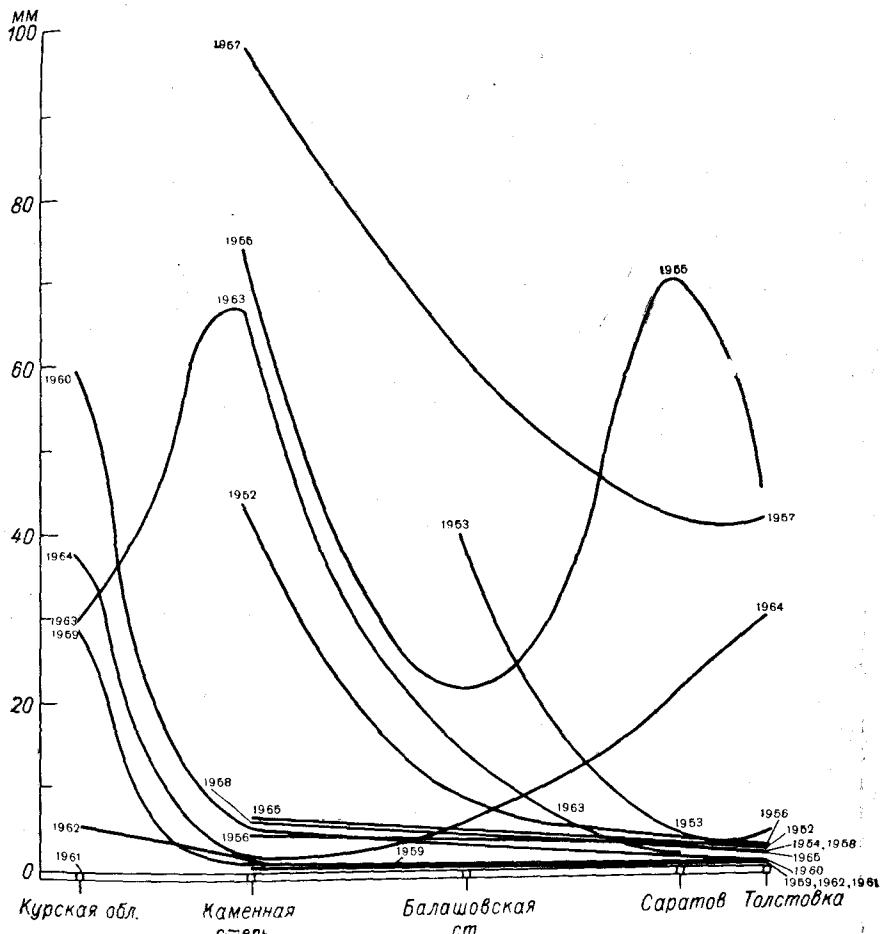


Рис. 15. Распределение стока с зяби в районах Центра и Поволжья (долготное).

лах степей, но в лесостепи и даже в лесной зоне. В данном случае гидрометеорологические факторы (сухая осень, теплая зима, слабое промерзание почвы) сыграли решающую роль, обуславлив формирование незначительного стока.

Инверсия в распределении стока с зяби и наличие зон повышенной водности (3-я группа лет) обусловливаются

своеобразным сочетанием гидрометеорологических элементов на обширных территориях степи и лесостепи. В 3-ю группу входят 1951, 1955, 1956, 1957, 1963, 1964 гг. В 1951 и 1956 гг. зона повышенного стока находилась в южных районах преимущественно с каштановыми и особенно светло-каштановыми почвами. В 1963 г. зона высокой водности распространилась намного севернее, чем в 1951 и 1956 гг., охватив громадную площадь черноземного центра, Юга и Нижнего Поволжья; ее ось проходила с северо-запада на юго-восток. В 1955 г. сток в южных и юго-восточных районах был слабый; зона высокой водности распространилась далеко на север, вытянувшись с запада на восток в основном через Воронежскую и Саратовскую области. Так, на северо-запад от Воронежа в Черниговской лесостепи сток был намного меньше, чем в Каменной степи, а в Куйбышевской области он был меньше, чем в районе Саратова. В 1957 г. широкая зона повышенной водности распространилась далеко на север, вытянувшись по линии Воронеж—Куйбышев, но сведений о северном скате этой зоны в Поволжье не имеется.

Говоря о зонах повышенной водности, мы имели в виду главным образом формирование стока на зяблевой пахоте. Но в отдельные годы сток и на уплотненной пашне распределяется согласно той же закономерности, т. е. в условиях степей наблюдаются зоны повышенной водности. В качестве примера могут служить 1956 и особенно 1963 гг., когда в Нижнем Поволжье сформировался гораздо более сильный сток, чем в Среднем Поволжье (Куйбышевская область). В большинстве же лет сток с уплотненной пашни распределяется нормально, т. е. уменьшается в направлении с севера на юг и юго-восток. Этот вопрос новый и нуждается в дальнейшем изучении.

В чем же причина появления зон повышенной водности главным образом в степях и их смещения из года в год? Она заключается в характере осени и предзимнего увлажнения почвы, но в большей степени — в характере зимы или совместном влиянии обоих сезонов. Средняя степная полоса обычно является ареной столкновения северных и южных элементов климата и своеобразного сочетания черт северной и южной зимы. Погода с сильными морозами может сменяться глубокими оттепелями со всеми вытекающими отсюда последствиями. Создаются условия для формирования повышенного стока с зяби и с других сельскохозяйственных угодий. Резкая смена зимней погоды в степной зоне происходит не каждый год, причем в одних случаях такими влияниями охватываются более южные, а в других более северные районы степей или даже лесостепи.

В соответствии с этим в разные годы возникают зоны повышенного стока то в южных, то в более северных районах степной и лесостепной зон.

Влияние запасов снеговой воды на сток

Среди многих факторов, влияющих на размеры поверхностного стока, запасам воды в снеге принадлежит важное место.

Влияние влагозапасов в снеге оценивается по-разному. Одни исследователи считают, что при их увеличении коэффициент, а также величина стока уменьшаются, так как почва промерзает меньше и лучше поглощает талую воду; другие, напротив, полагают, что с увеличением запасов снеговой воды величина и нередко коэффициент стока возрастают. Правильное понимание этого вопроса является важной предпосылкой к оценке влияния на сток различных агротехнических и других мероприятий и приемов.

С. И. Небольсин [107] пришел к выводу, что между запасами снеговой воды и коэффициентом стока существует обратная зависимость. Однако материалы Небольсина позволяют строго судить о влиянии влагозапасов на коэффициент стока лишь за 1923 и 1924 гг., когда наблюдения проводились на двух участках с залежью (табл. 49).

Таблица 49

Влияние запасов снеговой воды на коэффициент стока на подзолистой почве

Показатель	1-й участок, уклон 0,020		2-й участок, уклон 0,023	
	1923 г.	1924 г.	1923 г.	1924 г.
Запасы снеговой воды, мм	71	128	79	141
Коэффициент стока	0,73	0,42	0,80	0,48

Таким образом, в сравнимых условиях налицо прямая связь между количеством снеговой воды и коэффициентом весеннего стока.

Г. Ф. Басов [10], проанализировав результаты многолетних наблюдений над стоком на двух водосборах в Каменной степи Воронежской области, отмечает, что с повышением запасов снеговой воды коэффициент стока увеличивается. И. П. Сухарев считает, что «с увеличением запасов снега на полях почти всегда значительно уменьшается коэффициент стока, а при благоприятных условиях снеготаяния — и величина стока» [159, с. 156]. Однако вывод Сухарева наиболее справедлив в приложении к шлейфовой зоне лесных полос, где обычно в начале зимы накапливается снежный покров достаточной мощности.

И. А. Кузник заключает, что «гидрологическая роль снегозадержания и, в частности, влияние снегозадержания на сток талых вод остается неясной» [86, с. 110]. Он делает вывод, что раннее оазисное снегозадержание может способствовать

ликидации стока; при повсеместном его проведении мощность снежного покрова на полях может быть повышенна в среднем на 3—4 см, что «существенно не отразится на коэффициенте стока» [86, с. 220]. А. И. Чеботарев и С. И. Харченко [174] на основании анализа материалов Дубовской гидрологической лаборатории пришли к выводу, что запасы воды в снеге перед началом снеготаяния являются одним из стокообразующих факторов весеннего половодья.

Обратимся к экспериментальным материалам (табл. 50). Отметим, что не всегда можно выделить в чистом виде влияние снегозапасов на сток, иногда накладывается действие других факторов. Из табл. 50 следует, что с увеличением запасов снеговой воды сток, как правило, возрастает. Одновременно с этим во многих случаях повышается и коэффициент стока. По материалам за 1957 г. (район Тимашево Куйбышевской области) представилась возможность охарактеризовать зависимость коэффициента стока от влагозапасов в снеге [см. уравнение (10)].

В некоторых случаях с увеличением запасов снеговой воды коэффициент стока остается приблизительно на том же уровне, а в других случаях он имеет обратную связь с влагозапасами. Таким образом, при разнообразии гидрометеорологических условий и агротехники взаимосвязь между мощностью снежного покрова и стоком проявляется по-разному. Зависимость коэффициента стока от снегозапасов приходится дифференцировать в первую очередь относительно видов пашни, а затем в связи с особенностями гидрометеорологических условий года. На зяблевой пахоте она проявляется иначе (особенно по мере продвижения с севера на юг), чем на уплотненной пашне и особенно на выгонах и пастбищах. В черноземно-степной и каштановой зонах чаще наблюдаются следующие случаи.

1. Снег ложится на иссушеннную или умеренно влажную почву и покрывает землю в течение всей зимы; сильные оттепели отсутствуют. В этих условиях вся талая вода просачивается в почву независимо от глубины ее промерзания (проникновения отрицательных температур) и сток с зяби (а в некоторых случаях и с уплотненной пашни) отсутствует как при малой или нормальной, так и при повышенной мощности снежного покрова. В такие годы (в условиях степей их большинство) снегозадержание обеспечивает значительное накопление влаги в почве, не приводя к формированию или увеличению стока; оно может проводиться в течение всей зимы.

Однако большие скопления снега, например в шлейфовой зоне около слабо продуваемых лесных полос, а также в сильно выраженных ложбинах, могут и в такие годы вызвать образование небольшого, а иногда значительного стока. Это иллюстрируется, например, данными за 1956 г. по району Тимашево, а также за 1959 г. по Поволжской АГЛОС (см. табл. 24). Принципиальная зависимость коэффициента стока с зяби от запасов

Таблица 50

Влияние запасов снеговой воды на сток

Год	Площа	Агротехнический фон	Благозанасы в снеге (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Автор
1959	Серая лесная	Зябь	135	97,8	0,72	Г. П. Сурмач и В. Н. Дьяков
	"	"	166	131,0	0,79	
1951	То же	Озимая рожь	135	71,7	0,53	А. С. Шамшин [177]
	"	То же	145	76,4	0,53	
	"	Травосмесь	134	85,0	0,61	
	"	"	182	151,7	0,88	
1963	"	Зябь	61	49,2	0,80	Э. Д. Введенская [21]
	"	"	88	67,5	0,77	
1959	Чернозем выпуклочный	Озимь	35	27	0,77	А. М. Грин [36]
	"	"	59	46	0,78	
1963	То же	Зябь с микролиманами	71	29,4	0,41	Э. Д. Введенская [21]
	"	"	77	35,0	0,46	
	"	Зябь с лунками	39	31,6	0,81	
	"	"	46	33,8	0,73	
1952	Чернозем обыкновенный	Озимая пшеница	124	102	0,82	И. П. Сухарев [159]
	"	Травы	83	49,0	0,59	
1954	То же	Озимая пшеница	31	10,9	0,35	
	"	Стерня	91	20,6	0,23	
1960	"	Зябь	100	11,4	0,11	М. А. Шевченко [180]
	"	"	11	2,2	0,20	

Год	Почва	Агротехнический фон	Влагозапасы в снеге (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Автор
1952	Чернозем мощный	Зябь (вдоль склона) То же	78 55	14,8 9,6	0,19 0,17	И. А. Кузник [85]
1956	Чернозем типичный	Зябь "	243 273 452	0 15,7 108,0	0 0,06 0,24	Г. П. Сурмац
1957	То же	91—174	44,2—103,5	0,48—0,59		
1958	"	"	124 140	1,0 2,2	0,008 0,016	
1957	"	"	205 222	126 136	0,61 0,61	И. А. Кузник [86]
1940	Чернозем южный	"	80	8	0,10	
			267	21	0,08	
1955	Темно-каштановая	Зябь (поперек склона) Зябь (вдоль склона)	60 95	15,7 45,5	0,26 0,48	Г. В. Назаров [106]
1964	Каштановая	Зябь с бороздованием То же	52 65	0 2,4	0 0,04	Н. Е. Богулина
1963	Светло-каштановая	Зябь с боронованием То же	73 65	6,4 9,2	0,09 0,14	Г. П. Сурмац
1964	То же	"	83 104	38,7 55,5	0,47 0,53	
		"	46 51	8,5 10,0	0,185 0,197	А. Т. Барабанов

снега в условиях очень маловодного года (приблизительно 50% обеспеченности) характеризуется кривой 1 на рис. 16.

2. Почва уходит в зиму во влажном состоянии, снежный покров устойчив и сохраняется в течение всей зимы. Это условия лет с несколько повышенной водностью, когда на нормальной зяби формируется очень слабый или слабый сток. По мере увеличения мощности снежного покрова в рамках обычных снегозапасов на полях сток повышается, а его коэффициент остается приблизительно на том же уровне. Снегозадержание в такие годы способствует повышению влажности почвы при некотором увеличении стока с зяби (рис. 16, кривая 2). Однако

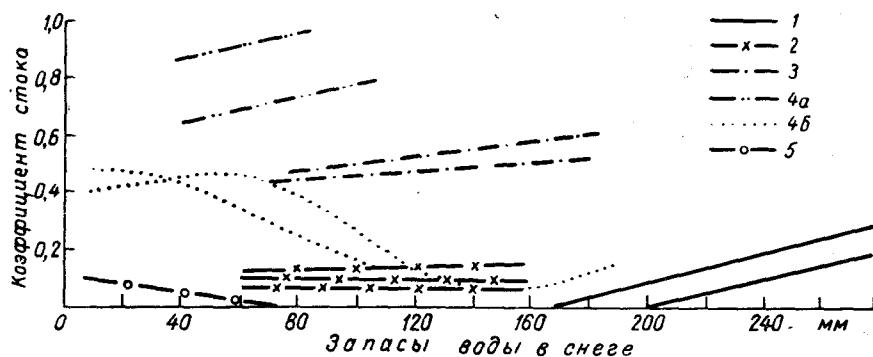


Рис. 16. Схема зависимости коэффициента стока с зяби от запасов воды в снеге.

1 — первый случай; 2 — второй случай; 3 — третий случай; 4a и 4b — четвертый случай (два варианта); 5 — пятый случай.

с повышением глубины зяблевой вспашки талые воды на черноземах и каштановых почвах степей, как правило, будут полностью просачиваться в почву и дополнительно накопленный снег пойдет на формирование урожая. На уплотненной пашне, а в более северных районах на оподзоленных черноземах и серых лесных почвах и на зяблевой пахоте увеличение мощности снежного покрова в таких условиях сопровождается значительным увеличением объема стока и некоторым повышением его коэффициента.

3. Снег выпал на переувлажненную в предзимний период и замерзшую почву и сохраняется в течение всей зимы. Вследствие этого в период весеннего снеготаяния почва обладает слабой инфильтрационной способностью и на зяби формируется умеренный и сильный сток, не говоря уже об уплотненной пашне и выгонах. Такой случай имеет место в условиях северных степей и в лесостепи. По мере увеличения запасов снеговой воды объем и коэффициент стока с зяби и особенно с уплотненной пашни повышаются.

Возрастание коэффициента стока с зяби в данном случае связано с тем, что насыщение талой водой пахотного горизонта и частичное замерзание ее по мере просачивания в почву при одновременном повышении интенсивности снеготаяния приводит к уменьшению скорости инфильтрации и увеличению доли потерь воды на сток. В качестве примера можно сослаться на наши данные за 1957 г., полученные в районе Тимашево (рис. 16, кривая 3); такая же картина имела место на Поволжской АГЛОС в многоводном 1964 г. Снегозадержание в такие годы приводит к увеличению объема стока при значительном возрастании его коэффициентов. Весны с сильным стоком можно предвидеть; в целях защиты почвы от эрозии снегозадержание следует проводить в первую очередь на нижних отрезках склонов.

4. Почва уходит в зиму различно увлажненной; зимой холодная или умеренно холодная погода прерывается глубокими оттепелями с дождями, вызывающими частичное или полное стаивание снежного покрова. В дальнейшем почва замерзает в переувлажненном состоянии и теряет способность интенсивно впитывать талую воду, вследствие чего выпадающие осадки в большей своей части идут на сток и коэффициент стока с увеличением снегозапасов повышается (рис. 16, кривая 4 а); в результате формируются сильные паводки. Примерами могут служить 1955 и 1963 гг. (Волгоградская и другие области). Посевы озимых в такие годы повреждаются вследствие развития ледяной корки.

Очень важно в начале зимы накопить больше снега. В местах, где в течение всей зимы сохраняется снежный покров мощностью не менее 20—25 см (например, в приопушечной зоне лесных полос), вся талая вода во время оттепелей просачивается в почву и исключается возможность образования поверхностной ледяной корки. Эти участки и в период завершающего весеннего снеготаяния могут поглощать талую воду, способствуя тем самым сокращению стока. В таких условиях слой и коэффициент стока имеют обратную связь с запасами снеговой воды (рис. 16, кривая 4 б).

Однако теоретически возможны и в действительности имеют место случаи, когда снег, выпавший в начале зимы, затем полностью стаивает как в местах, где он имел малую мощность, так и на участках с повышенной мощностью, соответственно увлажняя почву. В дальнейшем с образованием нового снежного покрова при прочих равных условиях больший сток формируется на тех участках полей, где первоначально был более мощный слой снега и где при его таянии лучше увлажнилась почва.

В некоторых случаях в этом коренится причина резких различий в стоке на одинаковых агрофонах или вариантах обработки почвы.

5. Почва уходит в зиму при различном увлажнении; зимний период характеризуется неустойчивой погодой. Периоды умеренного похолодания сменяются оттепелями, осадки выпадают преимущественно в виде снега и дождя, почва слабо замерзает и вновь оттаивает, снежный покров неустойчивый. Весенний сток с зяби в такие годы отсутствует или бывает очень слабый (рис. 16, кривая 5), а с других сельскохозяйственных угодий — очень слабый и слабый до умеренного. Сочетание указанных условий наблюдалось в 1961, 1962 и 1966 гг. с охватом обширных районов степи и лесостепи, а в районах сухой степи также в 1955 и в другие годы.

Подведем итоги рассмотренному. Снежный покров утепляет почву, предохраняет от образования поверхностной ледяной корки и обеспечивает нормальную перезимовку озимых; снег играет громадную роль в накоплении влаги в почве и формировании высокого урожая. Эффективность снегозадержания в большой степени зависит от сроков его проведения. Снегозадержание в начале зимы обеспечивает сохранность снежного покрова во время оттепелей, защиту почвы от промерзания в переувлажненном состоянии и в конечном счете резкое уменьшение стока с зяби и нормальную перезимовку озимых. В условиях лесостепи значительная часть снеговой воды теряется на сток и снегозадержание здесь играет меньшую роль в формировании урожая. Его целесообразно проводить главным образом на снегосдуваемых склонах, стремясь к повышенному снегонакоплению на нижних более крутых отрезках с целью защиты почв от сильного смыва.

Все изложенное по данному вопросу позволяет сделать важное заключение методического характера. Поскольку с ростом влагозапасов в снеге величина, а в ряде случаев и коэффициент стока повышаются, необходимо при оценке водозадерживающей эффективности различных агротехнических приемов величины стока на сопоставляемых вариантах приводить к одинаковым влагозапасам путем перемножения коэффициента стока одной из площадок на запасы снеговой воды другой. При этом надо по возможности исключать те случаи, при которых благодаря благоприятному сочетанию гидрометеорологических условий указанная тенденция не имела места.

Анализ литературных и экспериментальных данных по стоку с учетом различных условий его формирования, выявление связей стока с гидрометеорологическими условиями осенне-зимне-весеннего периода и с характером обработки почвы позволили автору [149] разработать схему прогнозирования стока. Данные прогноза можно использовать для регулирования стока и борьбы с эрозией, подготовки к паводку различных гидротехнических, дорожных и хозяйственных сооружений и устройств, определения ресурсов и перспектив использования местного стока и других целей.

Регулирование снеготаяния

Под регулированием снеготаяния понимают применение приемов, способствующих неравномерному сходу снежного покрова и обнажению почвы в разные сроки в целях сокращения стока и эрозии и повышения влажности почвы. К таким приемам относятся зачернение, распахивание, мульчирование и уплотнение снега полосами поперек склона перед началом весеннего снеготаяния. Эти приемы до последнего времени без достаточного обоснования безоговорочно рекомендовались в масштабе всей страны, где формируется снежный покров, на всех сельскохозяйственных угодьях. Автор [146, 153] в результате многолетних исследований и анализа литературных данных, пришел к следующим выводам.

Полосное зачернение снега на полях при обычной мощности снежного покрова не дает ощутимых положительных результатов в отношении уменьшения стока, увеличения влажности почвы и повышения урожаев сельскохозяйственных культур. Как показали наши эксперименты на черноземах Тимашевского участка Куйбышевской области, при большой его мощности (50—80 см и больше), например в зоне снежных шлейфов, и высокой льдистости лишь верхней части пахотного горизонта этот прием может способствовать повышению просачивания воды в почву, но применять его на шлейфах не имеет смысла.

На серых лесных почвах Новосильской АГЛОС весной 1959 г. на одной стоковой площадке с полосным зачернением снега сток уменьшился на 9,6 мм (7%) по сравнению с контролем, на другой увеличился на 9 мм (7%); на двух других площадках с полосным снегопаханием сток увеличился на 4,1 и 8,9 мм (3 и 7%). Согласно данным А. Т. Барабанова, на той же станции в период 1967—1970 гг. лишь весной 1967 г., когда мощность снежного покрова была велика и льдистость верхней части пахотного горизонта большая, на площадке с полосным зачернением снега наблюдалось уменьшение стока (128 мм при коэффициенте стока 0,64 против 150 мм и коэффициенте 0,76). В остальные годы зачернение снега не сказалось на стоке. Вместе с тем в связи с более ранним обнажением почвы от снега при полосном его зачернении значительно увеличивается вынос мелкозема.

Вопрос о целесообразности полосного зачернения снега на участках, где рано формируется под снегом ледяная корка (пастбищные угодья), требует дополнительного изучения.

Полосное обнажение почвы от снега перед началом снеготаяния также не оказывает заметного влияния на сокращение стока и повышение влажности почвы. В отличие от зачернения снега, при котором на зачерненных полосах талая вода просачивается в почву в той степени, в какой последняя способна ее воспринять, при полосном снятии снега обнаженные

полосы лишаются собственной снеговой воды; лишь частично ее запасы могут быть восполнены за счет «транзитной» воды при наличии стока. В результате в засушливых условиях полосное снятие снега на зяби ведет, с одной стороны, к хорошему или избыточному увлажнению почвы в местах, куда надвигается или наваливается снег, так что талая вода просачивается за пределы корнеобитаемого слоя и не полностью используется растениями, а с другой — к сильному обеднению почвы влагой на обнаженных от снега полосах. В конечном счете это обуславливает пестроту и общее снижение урожая. Поэтому рассматриваемый прием в случае его применения на черноземах и каштановых почвах степей таит в себе серьезную опасность снижения урожая, не говоря уже о бесполезных затратах, связанных с его выполнением.

Распашка снега в течение зимы в целях снегозадержания является полезным приемом и его следует широко применять. Вопрос о весенней полосной распашке снега и разрушении ледяной корки, где она часто формируется (например, на пастибах), подлежит изучению.

Полосное замедление снеготаяния посредством мульчирования снега соломой или другими материалами в мелиоративном отношении достаточно эффективно, оно способно в значительной степени зарегулировать и сократить сток, уменьшить эрозию и повысить влагообеспеченность полей. Однако в настоящее время мульчирование требует больших затрат труда и много мульчматериалов, поэтому оно пока не находит широкого применения в практике. Но в случае создания дешевой непрозрачной пленки или порошкообразного вещества, задерживающего таяние снега, этот прием может быть усовершенствован коренным образом. Тогда был бы положительно решен вопрос регулирования стока на озимых и других стокообразующих угодьях, особенно если бы мульчирование пленкой или порошком сочеталось с внесением удобрений.

Полосное уплотнение снега перед началом снеготаяния, как правило, не дает положительных результатов, так как уплотненный полосами снег при одинаковой его массе сходит одновременно с неуплотненным [146]. Лишь когда после полосного уплотнения его масса вследствие новых снегопадов увеличивается (происходит снегозадержание), он ставит несколько позднее. В природе наблюдаются также случаи, когда талая вода, поступающая вследствие своеобразного дренажа из снежного покрова с большей мощностью на участки с меньшей мощностью или туда, где снег полностью отсутствует, замерзает во время сильныхочных заморозков с образованием наледи. При благоприятных условиях аналогичная картина образования небольшой наледи может иметь место и при полосном уплотнении снега, что может привести к более позднему сходу снега и льда (вследствие большой их массы) на уплотненных полосах.

Однако указанный процесс наблюдается довольно редко, преимущественно в северных районах. Полосное уплотнение снега прикатыванием целесообразно применять в течение зимы как прием снегозадержания.

О влиянии механического состава почвы на сток талых вод

Хорошо известно, что почвы легкого механического состава (песчаные и супесчаные) в теплое время года обладают лучшей инфильтрационной способностью, чем суглинистые и особенно глинистые. Процессы просачивания талых вод в мерзлые почвы различного механического состава обусловливаются совокупным влиянием многих как гидрометеорологических, так и агротехнических факторов. Это накладывает отпечаток на формирование стока на них в зональном разрезе; на уплотненной пашне эти особенности менее выражены, чем на зяблевой пахоте.

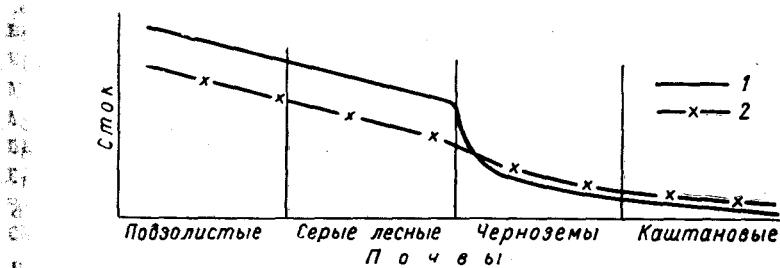


Рис. 17. Принципиальная зависимость стока талых вод с зяби от механического состава почв.

1 — на суглинистых и глинистых почвах, 2 — на песчаных и супесчаных почвах.

В § 3 главы II показано, что на каштановых песчаных и супесчаных почвах формируется больший сток с зяби, чем на каштановых суглинках. Там же дано объяснение этому факту: бесструктурность легких почв, их способность к быстрому уплотнению после вспашки под влиянием атмосферных осадков и силы тяжести. Мы полагаем, что указанная закономерность справедлива лишь для почв преимущественно степного ряда — черноземов, каштановых и бурых. На подзолистых и серых лесных почвах, где слой и коэффициент стока на зяблевой пахоты мало отличаются от этих показателей на уплотненной пашне, легкий механический состав способствует уменьшению стока, о чем свидетельствуют некоторые материалы, изложенные в § 1 главы II. Принципиальную зависимость стока талых вод с зяби от механического состава почв в зональном плане можно представить в виде схемы (рис. 17).

По нашим предварительным выводам, в условиях степей соотношение скоростей просачивания талых вод в уплотненные почвы различного механического состава лишь в некоторой сте-

пени приближается к соотношению скоростей просачивания воды в летний период. Поэтому размеры стока с уплотненной пашни на песчаных и супесчаных почвах в указанных условиях такие же или несколько меньшие, чем на суглинистых.

Влияние уклона на сток

Вопрос о влиянии уклона на сток талых и ливневых вод обсуждается в литературе давно, но и в настоящее время значение уклона расценивается по-разному. Многие ученые до недавнего времени придавали уклону большое значение. В экспериментах Дьюли и Хейса [185], В. Б. Гуссака [41], Ф. П. Серика [125] и других исследователей эта закономерность выявила достаточно отчетливо. В. Б. Гуссак на основании своих экспериментов на монолитах заключает, что при увеличении угла наклона ливневый сток растет прямо пропорционально \sqrt{i} , где i — уклон, т. е. с увеличением уклона в 4 раза сток возрастает в 2 раза. И. Н. Торгушников [161] в результате экспериментов на небольших стоковых площадках получил данные, показывающие, что ливневый сток не зависит от уклона. В экспериментах Г. А. Харитонова [169] на стоковых площадках влияние уклона на сток талых вод также не выявилось. М. И. Львович [90] на основании своих исследований и обобщения отечественной и зарубежной литературы пришел к выводу, что объем склонового стока не зависит или почти не зависит от уклона.

А. И. Чеботарев и С. И. Харченко [174] пришли к заключению, что в многоводные весны с коэффициентом стока более 0,25 различия в уклонах водосборов не влияют на величину стока, а в более маловодные влияние заметное. Однако это заключение сделано без учета особенностей агрофона полей на сравниваемых водосборах. В опытах П. И. Аксенова [2] и Э. Д. Введенской [21] в некоторых случаях обнаруживалась связь коэффициента стока талых вод с уклоном, однако при этом не учитывалось значение степени смытости почвы на отрезках склона разной крутизны, поэтому трудно судить о действительном влиянии уклона. В других случаях его влияние совсем не выявилось. Х. Беннетт [14], обобщив литературу по данному вопросу в США, пришел к выводу, что уклон практически не влияет на сток.

Анализируя приведенные выше материалы (табл. 3, 4, 38 и др.), можно заключить, что уклон не оказывает сколько-нибудь заметного влияния на сток талых вод. По данным табл. 38 можно судить о небольшом возрастании стока на более крутой части склона, но при повышенной смытости здесь почвы. Мы рассчитали увеличение стока на 1° крутизны склона; эти сведения представлены в табл. 51.

Таким образом, величина и коэффициент стока возросли незначительно. При сохранении указанного соотношения в широком диапазоне уклонов разница в 10° в условиях 1957-58 г.

Таблица 51
Увеличение стока на 1° крутизны склона

Год	Зябь		Многолетние травы	
	сток (мм)	коэффициент стока	сток (мм)	коэффициент стока
1957-58 (среднее за три паводка)	0,47	0,01	1,53	0,038
1949	0	0	1,53	0,037

привела бы к увеличению стока с зяби на 4,7 мм, а с многолетних трав на 15,3 мм. На такую же величину возрос бы сток с трав и в 1949 г. (при одинаковых влагозапасах в снеге). Как уже отмечено, на более крутом отрезке склона почва смыта сильнее, поэтому указанное увеличение стока большей частью связано с уменьшением инфильтрационной способности почвы. Прямое влияние уклона в чистом виде могло оказаться незначительно.

А. Т. Барабанов провел искусственное дождевание микроплощадок на светло-каштановых почвах при помощи дождевальной установки [143], дающей крупнокапельный дождь. Материалы, характеризующие влияние уклона и состояния поверхности почвы на сток, представлены в табл. 52. Из нее видно, что влияние уклона в различных конкретных условиях проявляется по-разному. Так, на площадках, взрыхленных с поверхности (проведена культивация пара), благодаря чему обеспечивается хороший контакт воды с почвой, оно сказалось незначительно; лишь при очень большой интенсивности дождя (2,1 мм/мин) и значительной предшествующей влажности почвы оно повысилось. На посевах ячменя, где уже появились всходы и почва с поверхности успела уплотниться, уклон довольно сильно повлиял на увеличение стока. На многолетних травах его влияние было намного слабее в связи с тем, что травостой увеличивает затопление поверхности почвы. На целине с неполностью сомкнутым травяным покровом из-за различной смытости почвы на отрезках разной крутизны нельзя проследить влияния уклона на сток. Однако здесь обращает на себя внимание то обстоятельство, что срезание травы довольно сильно увеличило сток и коэффициент стока: на отрезке склона крутизной 6° соответственно на 3,3 мм и 80%, на отрезке 12° — на 5,8 мм и 26%. Отсюда следует, что увеличение густоты травостоя обеспечивает уменьшение стока и влияния уклона на его показатели. При подаче воды в виде мелкокапельного дождя значение уклона будет меньше, чем дождя с крупной каплей, особенно на незащищенной почве.

Обращаясь к теоретической стороне вопроса, отметим существенную разницу во влиянии уклона на сток ливневых и талых

Таблица 52

Влияние крутизны склона и состояния поверхности почвы на показатели стока при искусственном дождевании

Агротехнический фон	Средняя скорость впитывания 75 мм воды при затоплении (мм/мин)	Влажность 30-см слоя почвы перед дождеванием (%)	Сток (мм) и коэффициент стока при дождях интенсивностью			
			1,1—1,2 мм/мин в течение 58—63 мин	1,9—2,1 мм/мин в течение 33—38 мин		
Крутизна склона						
			3°	5°	3°	5°
Пар закультивирован	1,92	9,4—8,7	15,0 0,214	16,5 0,231	20,8 0,297	27,0 0,386
То же *	6,25	5,6	18,0 0,204	18,5 0,213	27,1 0,312	28,9 0,333
			5°	7°	5°	7°
Ячмень, всходы	3,75	6,5—5,9	12,0 0,171	19,0 0,272	16,7 0,238	26,1 0,373
Многолетние травы 5-го года	1,17	5,6	27,5 0,393	35,8 0,511	33,3 0,476	37,4 0,535
			6°, почва слабо-смытая	12°, почва среднесмытая		
Целина, полусомкнутый травостой	1,19	12,0	4,1 0,058	22,5 0,321	Не определяли	
То же, трава спрессована	1,19	12,0	7,4 0,106	28,3 0,404	То же	

Примечание. Размер площадок 1×0,6 см. На площадки подано 70 мм воды. На площадки, отмеченные звездочкой, подано 88 мм воды; продолжительность их дождевания при двух интенсивностях дождя 74 и 42 мин. В дробях числитель — сток, знаменатель — коэффициент стока.

вод, откуда следует и необходимость его раздельного анализа. Рассмотрим сначала связь стока ливневых вод с уклоном.

Прямого влияния на впитывание воды в почву уклон, конечно, не оказывает, так как инфильтрационная способность почвы не зависит от уклона. Однако ее реальная водопроницаемость (реальное водопоглощение) во время дождей зависит от него [137]. Его влияние в конечном счете сводится к уменьшению площади затопления почвы и, следовательно, к сокращению интенсивности впитывания ею воды. Непосредственно это выражается, во-первых, в уменьшении емкости нано-

микрорельефа поверхности, связанной с ее наклоном, и, во-вторых, в увеличении энергетической способности струй воды, усиленно разрушающих и сглаживающих микронеровности, что приводит к большей концентрации стока и сокращению площади затопления почвы. Все это снижает скорость впитывания воды и увеличивает сток.

Из сказанного следует, что при различном состоянии поверхности влияние уклона на сток проявляется по-разному: на незащищенной уплотненной пашне оно должно выражаться сильнее, на хорошо задерненной или имеющей устойчиво рыхлый поверхностный слой — значительно слабее. Иначе говоря, наличие густого травостоя, рыхлой лесной подстилки и всевозможной мульчи сильно уменьшает или сводит на нет влияние уклона. При высоких стокообразующих интенсивностях ливней максимальная водопроницаемость почвы также оказывается на степени влияния уклона на сток: чем она выше, тем значение уклона больше.

Все сказанное по данному вопросу позволяет заключить, что влияние уклона на сток дождевых вод изменяется в широких пределах в зависимости от агрофона территории и от химических и водно-физических свойств почвы, следовательно, и в зональном разрезе.

В отношении влияния уклона на сток талых вод мы, как и М. И. Львович и др., считаем, что оно весьма незначительно или вовсе отсутствует. Такой вывод обосновывается следующими соображениями: во-первых, интенсивность впитывания талых вод почвой мало зависит от нанорельефа поверхности, наличия травостоя и других вышеуказанных факторов, так как роль основного фактора, обеспечивающего контакт воды с почвой (ее затопление), выполняет снежный покров [147]; во-вторых, при отсутствии снежного покрова вследствие пониженной инфильтрационной способности мерзлой почвы уклон также очень слабо влияет на величину стока.

Все это позволяет заключить, что на участках уплотненной пашни влияние уклона на сток талых вод практически отсутствует, а на зяблевой пахоте оно может слабо проявляться в маловодные (но со стоком) и в средние по водности весны.

Глава III. МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ СТОКА И БОРЬБЕ С ЭРОЗИЕЙ ПОЧВ

Эрозия почв обусловлена влиянием многих природных факторов и хозяйственной деятельности человека. Поэтому для эффективной борьбы с эрозией требуется применение комплекса организационно-хозяйственных, агротехнических, лесо- и лугомелиоративных и гидротехнических мероприятий, охватывающих целые водосборы.

1. Агрономические мероприятия

Влияние глубины зяблевой вспашки и оккультуривания почв на сток талых вод

Глубина основной вспашки является одним из важных показателей культуры земледелия. Положительная роль более глубокой пахоты в накоплении влаги в почве и повышении урожая известна давно. Виднейшие русские ученые и агрономы С. М. Усов, А. Н. Шишкин, П. Ф. Бараков, А. А. Измайловский, И. А. Стебут, Д. И. Менделеев, К. А. Тимирязев и другие еще в прошлом столетии придавали большое значение более глубокой вспашке. Экспериментальными исследованиями многих опытных станций на полях дореволюционной России, расположенных в разных почвенно-климатических зонах, установлено, что более глубокая зяблевая вспашка способствует накоплению влаги в почве и повышению урожая сельскохозяйственных культур [103]. Однако под мелкой в то время понималась вспашка на 9—10 см, а глубокой считалась вспашка на 18—20 см. В дореволюционный период, а также в первые полтора-два десятилетия Советской власти, когда обработка почвы проводилась в основном на конной тяге, более глубокая вспашка не могла получить значительного распространения. С 1938 г. была введена как обязательная вспашка на глубину 20—22 см. В настоящее время такая вспашка считается нормальной, а под глубокой понимается вспашка на 25—27 см и глубже.

Следует отметить, что в прежних работах главное внимание уделялось изучению общеагротехнической эффективности глубокой зяби; вопрос о ее водорегулирующей роли, влиянии на

сокращение стока талых вод и эрозию до недавнего времени не разрабатывался. Впервые на эту сторону проблемы обратил внимание Б. В. Поляков [111]. Б. В. Поляков, а затем М. И. Львович [91] пришли к выводу, что углубление пахотного горизонта до 20—22 см способствовало сокращению стока в Заволжье на 20—25 %. В последние 15—20 лет повысился интерес к изучению этого важного вопроса, и он нашел отражение в работах ряда исследователей [47, 54, 60, 106, 159, 180 и др.]. Положительное влияние глубокой обработки почвы на склонах на уменьшение стока и повышение урожая пшеницы установлено и в США [188].

Просачивание талой воды в почву определяется внутренними почвенными и внешними факторами. К внутренним относятся структурность почвы, сложение (рыхлое или плотное) и мощность пахотного горизонта, определяющие в условиях сильного увлажнения степень закупорки почвенных пор льдом (льдистость). К внешним факторам можно отнести микрорельеф поверхности и снежный покров [147].

Выше мы видели на примере большого фактического материала, что рыхлое сложение пахотного горизонта обуславливает хорошую инфильтрацию талой воды в мерзлую почву. Сущность этого явления заключается в следующем. Как известно, поровое пространство вспаханной под зябь почвы состоит из капиллярных и некапиллярных пор и скважин. При замерзании даже сильно увлажненной почвы часть этого пространства (наиболее крупные поры и полости) остается свободной от льда, и почва в той или иной степени сохраняет способность впитывать и фильтровать вниз талую воду. Н. А. Качинский [62] установил, что вода в крупных порах замерзает «пристенно». При замерзании же почвы в уплотненном состоянии (озимые, многолетние травы и др.), когда ее поровое пространство представлено преимущественно в виде капиллярной системы пор, в порах образуются ледяные пробки, и инфильтрационная способность почвы резко понижается¹. Это в свою очередь в ряде случаев приводит к образованию во время зимних оттепелей, а в некоторых случаях и в период весеннего снеготаяния поверхностью ледяной корки, что усиливает сток. Такая картина нередко наблюдается на многолетних травах, озимых и других сельскохозяйственных угодьях.

Таким образом, главнейшим агротехническим мероприятием, обусловливающим наилучшее просачивание в почву талых вод, является высококачественная зяблевая вспашка. Именно рыхление создает благоприятные условия для инфильтрации талой воды в почву. Направление вспашки не влияет на инфильтрационную способность почвы, и поэтому зяблевой вспашке по-

¹ См. также И. Б. Ревут. Физика почв. Л., «Колос», 1972, 366 с.—
Прим. ред.

перек склона принадлежит скромная роль в задержании талых вод.

Рассмотрим влияние глубины вспашки на сток талых вод. Литературные данные и экспериментальные материалы ВНИАЛМИ, характеризующие это влияние, сведены в табл. 53 и 54. [Исследования в опытной сети ВНИАЛМИ проводили под руководством и при участии автора; на Новосильской станции В. Н. Дьяков (1959—1961 гг.), В. Л. Сухов (1962 и 1963 гг.) и Л. Я. Королева (1964—1966 гг.), в совхозе «Динамо» Волгоградской области В. Ф. Агеев, на Камышинском опорном пункте М. Д. Антипов и Н. Е. Богулина, в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ в Волгограде А. Т. Барабанов.] Для повышения со-поставимости цифрового материала сток в необходимых случаях приводили к одинаковым влагозапасам в снеге (его величины показаны в графе «Сток» в скобках). Поправка рассчитывалась для глубокой и очень мелкой пахоты путем умножения величины запасов снеговой воды на контрольных площадках (с нормальной вспашкой) на коэффициент стока, полученный при глубокой или мелкой их вспашке.

В табл. 53 и 54 помещены также расчетные величины уменьшения стока на 1 см углубления пахоты (рыхления); они характеризуют водопоглощающую эффективность различной по глубине пахоты.

Используя эти цифры, а также приведенные величины стока с уплотненной пашни, которые показывают нулевой уровень уменьшения стока, мы построили графики, отражающие степень сокращения стока в различных диапазонах глубины вспашки (рис. 18). Из таблиц и графиков видно следующее. Глубокая зяблевая вспашка способствует уменьшению стока на всех типах почв, от подзолистых до каштановых. Степень этого уменьшения варьирует в большинстве случаев от 0,8 до 4,0 мм на 1 см углубления пахоты. Широкий диапазон связан главным образом с характером зим, а также с особенностями зяблевой обработки. В годы, когда сток с нормальной зяби был незначительный, влияние глубокой вспашки не выявилось. В 1961 и 1962 гг., когда сток был небольшой, водопоглощающая эффективность различной зяби снизилась. Наиболее четко влияние глубокой вспашки выявилось в годы с повышенной водностью и в многоводные годы.

Встает вопрос о влиянии на сток глубины вспашки в различных ее диапазонах. Из табл. 53 следует, что рыхление почвы на глубину до 6—8 см (лущение стерни) не способствует или мало способствует его уменьшению. При глубине рыхления 9—11 см сток несколько уменьшается и по мере дальнейшего его увеличения темп снижения нарастает; это иллюстрируется более крутым падением кривых (рис. 18). На графиках отчетливо видно, что при глубине вспашки до 12—15 см уменьшение стока на 1 см углубления пахоты происходит медленно, затем кривая

Таблица 53

Влияние глубины зяблевой вспашки на сток талых вод (по литературным данным)

Почва	Год	Характер зяблевой обработки	Крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Приведенная разница в стоке (мм)	Уменьшение стока на 1 см углубления пахоты (мм)
Подзолистый суглинок [47]	1952	Вспашка поперек склона на 20 см	1,4	107	80,0	0,75	—	—
		То же, на 25 см	1,5	112	74,6 (71,7)	0,67	8,3	1,7
Чернозем обыкновенный [159]	1955	Лущение стерни на 6—8 см	1,4	166	107,7	0,649	34,8	2,9
		Вспашка на 22—25 см	1,4	166	72,9	0,439	—	—
		Безотвальная вспашка на 40—45 см	1,4	166	38,7	0,233	34,2	1,7
	1956	Вспашка на 22—25 см	1,5	81	25,0	0,309	—	—
То же [180]		То же, на 35—40 см	1,5	81	3,2	0,040	21,8	1,7
	1956	Лущение на 6—8 см	0,7	154	100,0	0,649	90,8	6,4
		Вспашка на 20—22 см	0,7	74	4,5 (9,2)	0,061	—	—
	1957	Вспашка на 20—22 см	0,6	119	97,0	0,815	—	—
		Безотвальная вспашка на 35—40 см	0,6	121	36,0	0,298	51,0	3,4
[1]	1958	Вспашка на 20—22 см	3	90	5,6	0,062	—	—
		То же + почвоуглубление на 15 см	2,7	96	22,6	0,235	-17,0	—
		Безотвальная вспашка на 35—40 см	2,8	102	6,5 (5,4)	0,064	0,2	—
	1960	Вспашка на 20—22 см	1,8	100	11,4	0,114	—	—
[1961]		То же + почвоуглубление на 15 см	1,9	60	1,2 (2)	0,020	9,4	0,8
		Безотвальная вспашка на 35—40 см	1,4	102	5,2	0,052	6,6	0,4
		Безотвальная вспашка на 22 см	—	21,8	3,1	0,143	—	—
		То же, на 37 см	—	23,7	4,7	0,174	—	—
Темно-каштановая [106]	1956	Дискование поперек склона на 7—9 см	2—2,5	84	41,2 (62,5)	0,490	59,4	4,5
		Вспашка вдоль склона на 23—25 см	2—2,5	128	3,1	0,024	—	—
		То же, на 45—50 см	2—2,5	153	0,0	0,0	—	—

Таблица 54

Влияние глубины зяблевой вспашки на просачивание и сток талых вод
(по данным опытных станций и пунктов ВНИАГМИ)

Год	Агрономический фон	Крутизна склона (град.)	Запасы снеговой осадки весны (мм)	Просачивость почвы (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Приведенная разница в стоке (мм)	Уменьшение стока на 1 см углубления почвы (мм)
Серые лесные стабо- и среднесмытые почвы (Новосибирская АГЛОС)								
1959	Поперек склона на 14—16 см То же, на 21—23 см	3,2 2,5	131 124	22,4 33,0	108,6 (102,8) 91,0	0,829 0,734	— 11,8	— 2,0
1960	Вдоль склона на 15—17 см То же, на 21—23 см То же, на 21—23 см То же, на 32—35 см (с почвоглублением) То же, на 32—35 см	4,7 2,5 1,8 1,3 2,5	117 113 141 141 115	13,8 37,1 55,8 113,5 67,2	104,2 (100,7) 75,9 85,2 27,5 47,8 (58,7)	0,891 0,671 0,604 0,195 0,416	— 24,8 — 57,7 26,5	— 4,1 — 4,8 2,2
1961	Поперек склона на 20—22 см (2) То же, на 32—35 см (с почвоглублением) (2)	3 2,8	33 33	26,3 31,7	6,7 1,3	0,203 0,039	— 5,4	— 0,5
1962	Гребнистая на 20—22 см (3) То же, на 27—30 см Вдоль склона на 20—22 см То же, на 35—37 см (с почвоглублением) Поперек склона на 20—22 см (2) То же, на 35—37 см (с почвоглублением) (2)	2—4 2—4 1,8 2—4 2,5 1,8	22 22 22 22 22 23	5,2 17,5 2,4 19,6 10,8 16,8	0,764 0,204 0,893 0,445 0,336 0,065	— 12,3 — 8,8 — 5,9	— 1,8 — 0,6 — 0,4	

1963	Вспашка на 20—22 см (2)	1,8	115	56,8	58,2	0,506	1,1
	То же, на 25—27 см (2)	1,8	115	62,6	52,4	0,496	—
	Вспашка на 20—22 см (4)	2,5—3	116	53,7	62,3	0,541	—
	То же, на 25—27 см (4)	2,5—3	102	61,0	41,0 (46,6)	0,402	3,1

Черноземы типичный и обыкновенный (Тимашевский участок и Поволжская АГПОС Куйбышевской области)

1957	Стерня	2,2	179	23,8	155,2 (132,7)	0,867	—
	Безотвальная на 12—15 см (2)	2,2	158	32,4	125,6	0,795	7,1
	То же	2,2	158	32,4	125,6 (119,5)	0,795	—
	Вспашка вдоль склона на 25—27 см	2,2	152	65,0	87,0	0,572	32,5
	То же, контроль (4)	2,2	135	60,0	74,9	0,555	—
	То же, на 32—35 см (2)	2,2	129	64,3	64,7 (68,9)	0,502	6,0
	То же, на 25—27 см (3)	2,2	149	64,2	84,8	0,569	—
	Безотвальная на 32—35 см (2)	2,2	158	68,7	89,3 (82,4)	0,565	2,4
1966	Вспашка на 20—22 см (2)	2,5	140	97,5	42,5	0,304	—
	То же, на 28—30 см (2)	2,5	132	119,8	12,2 (12,9)	0,092	29,6
	Вспашка на 20—22 см (2)	2,5	67	37,7	29,3	0,434	—
	То же, на 28—30 см (2)	2,5	82	51,6	30,4 (24,9)	0,371	4,4
1968	Вспашка на 20—22 см (2)	2,5	91	74,8	16,2	0,178	—
	То же, на 28—30 см (2)	2,5	82	71,8	10,2 (11,3)	0,124	4,9
1970	Вспашка на 20—22 см (2)	2,5	67	37,7	29,3	0,434	—
	То же, на 28—30 см (2)	2,5	82	51,6	30,4 (24,9)	0,371	4,4

Чернозем обыкновенный (совхоз «Динамо» Волгоградской области)

1963	Вспашка на 20—22 см (2)	2,5	125	112,3	13,7	0,110	—
	То же, на 25—28 см (2)	2,5	123	121,3	1,7	0,014	12,0
1964	Вспашка на 20—22 см (4)	2	125	120,9	4,1	0,033	—
	То же, на 27—30 см (4)	2	125	123,9	1,1	0,009	3,0

Год	Дождь на 20—30 см (мм)		Крутизна склона (град.)	Запасы снеговой волны + осадки весны (мм)	Просохность почвы (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Приведенная разница в стоке (мм)	Уменьшение стока на 1 см углубления пахоты (мм)
	Агрономический фон	Агрономическая обработка							
Каштановая суглинистая почва (Камышинский опорный пункт)									
1962	Поперек склона на 22—24 см То же, на 26—28 см	1,7 1,7	38 37	35,3 35,8	2,7 1,2	0,071 0,032	— —	— —	— 0,4
1963	Залежь Вспашка вдоль склона на 12—15 см	1,7 1,7	107 90	19,5 62,5	87,5 (67,1) 27,5	0,818 0,306	— 42,0	— 3,1	— —
1964	То же, на 17—18 см То же, на 20—22 см То же, на 27—30 см	1,7 1,7 1,7	79 82 93	67,8 81,6 93	11,2 (11,6) 0,4 0	0,142 0,005 0	13,5 11,2 —	4,5 3,2 —	— — 0,3
Светло-каштановые почвы (опытное хозяйство ВНИАЛМИ в Волгограде)									
1962	Вспашка на 20—22 см То же, на 27—30 см	3,3 3,3	74 70	70,7 69,8	3,3 0,2	0,044 0,003	— —	— 3,1	— 0,44
1963	Вспашка на 20—23 см То же, на 27—30 см	3,7 3,5	83 79	34,4 42,3	48,6 36,7 (38,6)	0,586 0,465	— 10	— 1,5	— —
1964	Вспашка на 20—22 см То же, на 27—30 см	3,8 4	48 48	42,6 46,0	5,4 2,0	0,112 0,042	— 3,4	— 0,5	— 0,5

круто падает и далее при глубине 25—27 см начинает подниматься. Наибольшее влияние на удельное сокращение стока оказывает глубина вспашки в диапазоне 22—30 см; при дальнейшем ее увеличении темп этого сокращения становится все меньше и меньше. Можно полагать, что в диапазоне глубины 40—55 см (в разные годы по-разному) он приближается к нулю,

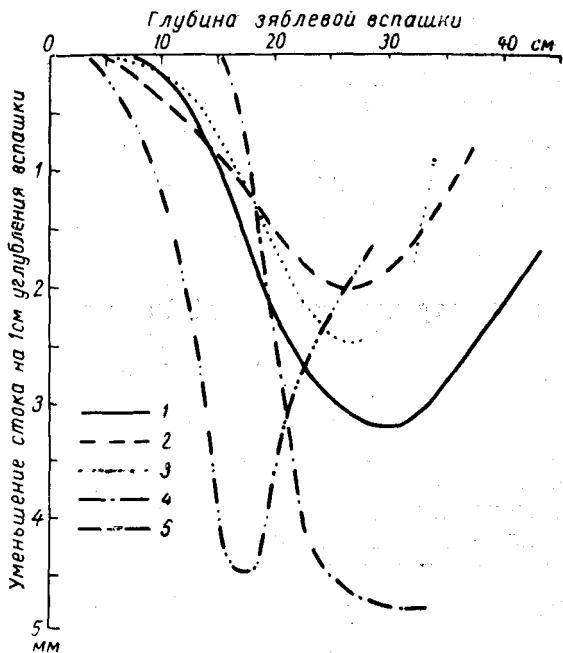


Рис. 18. Влияние глубины зяблевой обработки (в различных ее диапазонах) на уменьшение стока (обобщение автора).

1 — Каменная степь (НИИСХ ЦЧП), 1955 г.; 2 — то же, 1960 г.; 3 — Тимашевский участок, 1957 г.; 4 — Новосильская АГЛОС, 1960 г.; 5 — Камышинский опорный пункт, 1963 г.

т. е. дальнейшее углубление пахоты не влияет на снижение стока. Наиболее эффективная с точки зрения общего сокращения стока глубина вспашки 27—30 см (до 35 см); более глубокая вспашка, конечно, еще больше уменьшает сток, но не намного. При окультуривании почвы эффективная глубина вспашки может повыситься.

Сравнивая интенсивность впитывания почвой талых вод на отвальной и безотвальной зяби, можно заметить (например, по району Тимашево) преимущество в этом отношении вспашки с оборотом пласта. В. Н. Каулин [60] отмечает, что глубокая безотвальная обработка способствовала некоторому увеличению

коэффициента стока с полей в 1959, 1960, 1962 и 1964 гг. по сравнению с обычной на глубину 20—22 см (0,09 против 0,08). Несмотря на это, увлажнение почвы в связи с большими снегозапасами повышается. Повышенный сток при такой обработке мы объясняем тем, что пахотный горизонт в значительной своей части состоит из неразрушенных глыб, в которые талая вода просачивается медленно. Однако смыв почвы здесь менее выражен, чем на отвальной зяби. Безотвальная с оставлением стерни обработка почв, при которой не выворачивается на поверхность малоплодородная порода, может найти применение, в частности, на эродированных склоновых землях, где почвы имеют укороченный гумусовый горизонт. Но в настоящее время она производится специальными орудиями — плоскорезами, например плоскорезом-глубокорыхлителем КПГ-250. На гидрологической и противоэрозионной роли плоскорезной обработки почвы мы остановимся несколько ниже.

Чем же обусловлено положительное влияние глубокой вспашки на инфильтрацию талых вод? Рассмотрим два случая: 1) зяблевая вспашка на 25 см и 2) вспашка почвы на 15 см.

Пахотный горизонт в рыхлом состоянии отличается более высокой инфильтрационной способностью, чем подпахотный, поэтому при более глубокой вспашке осенние осадки значительно быстрее просачиваются вглубь и предзимняя влажность глубоко взрыхленного слоя будет меньше. Поровое пространство пахотного горизонта в предзимний период в большей части свободно от воды, в то время как в зоне подошвы и ниже капиллярная система пор при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости почвы и больше ее, в основном заполняется водой.

На процесс увлажнения почвы накладывается процесс ее замерзания. В разные годы замерзание происходит с различной скоростью, однако проникновение волны холода в глубину, как правило, во всех случаях замедляется. При мелкой вспашке волна холода быстро охватывает пахотный горизонт, включая зону подошвы, в результате дальнейшее продвижение гравитационной воды вниз прекращается; напротив, происходит обратное движение влаги по капиллярам навстречу фронту промерзания. Во время зимних оттепелей это тормозит просачивание талой воды вглубь, способствуя накоплению льда в пахотном горизонте, и все больше уменьшает инфильтрационную способность почвы. При более глубокой осенней вспашке волна холода значительно позднее достигает подошвы пахотного горизонта, поэтому гравитационная влага успевает просочиться из зоны раннего замерзания вглубь и освободить поры; то же происходит и во время оттепелей. Таким образом, при мелкой осенней вспашке создаются условия для быстрого замерзания в пахотном и верхней части подпахотного горизонта просочившейся в почву воды, в результате значительная часть почвен-

ных пор закупоривается и увеличивается льдистость. При более глубокой вспашке гравитационная влага быстрее просачивается вглубь за пределы зоны раннего замерзания, благодаря чему почвенные поры меньше закупориваются льдом и инфильтрационная способность почвы сохраняется на более высоком уровне.

Нужно иметь в виду, что даже незначительное изменение скорости просачивания талой воды в почву играет большую роль в формировании стока. В случае ее повышения в среднем лишь на 0,003 мм/мин суммарное поглощение за сутки увеличивается на 4,3 мм, а за пять суток снеготаяния — на 21 мм. В некоторые годы неблагоприятные процессы в верхней части пахотного горизонта (быстрое замерзание сильно увлажненной почвы) оказывают решающее влияние, резко сокращая впитывание талых вод. Все же очень редко случается, чтобы глубокая вспашка совершенно не сыграла положительной роли в сокращении стока и повышении влажности почвы. Водопоглощающая и водорегулирующая роль глубокой пахоты может быть сильно повышена окультуриванием эродированных почв, обогащением их органическими веществами и улучшением водно-физических свойств. Остановимся на этом вопросе.

Водно-физические и химические свойства почв играют громадную роль в просачивании талых вод и формировании стока. В одинаковых климатических условиях на серых лесных почвах сток значительно больше, чем на черноземах. На сильносмытых почвах всех типов он выше, чем на слабо затронутых эрозией. Вопрос о влиянии степени смытости почв на сток в настоящее время мало изучен, поэтому трудно охарактеризовать это влияние с количественной стороны. Можно лишь в первом приближении считать, что на среднесмытых почвах сток с зяби при прочих равных условиях повышается до 10—15%, а на сильносмытых до 20—30% по сравнению с несмытыми и очень слабосмытыми. Широкий диапазон колебаний связан с типом почв и с гидрометеорологическими условиями года, определяющими размеры стока вообще. На черноземах по мере нарастания степени их смытости сток должен увеличиваться значительно сильнее, чем на серых лесных почвах. В многоводные годы на эродированных почвах он повышается в большей степени, чем в маловодные.

Теоретически можно полагать, что на уплотненной пашне сток в связи с степенью эродированности почвы увеличивается меньше, чем с зяби, так как в этом случае решающим фактором является сложение почвы. Сток по пласту многолетних трав или на недавно распаханной залежи значительно меньше, чем по старопашке, где почва отличается распыленностью, а почвенная структура — слабой водопрочностью. В таких случаях уменьшение стока происходит частично за счет сильного иссушения

почвы культивированной травы, но в значительной степени оно обязано и повышению водопрочности её структуры. Таким образом, очевидно, что на почвах, отличающихся большим содержанием гумуса и обладающих лучшими водно-физическими свойствами, сток с зяби намного ниже, чем на таких, которым в меньшей степени присущи эти качества. Процессы эрозии низводят почвы на более низкую ступень плодородия. Восстанавливая и повышая почвенное плодородие путем их окультуривания, можно достигнуть хороших результатов в сокращении стока и эрозии.

Под окультуриванием почвы понимается увеличение мощности пахотного горизонта и обогащение органическим веществом при насыщении почвенному поглощающего комплекса катионом кальция (а также магния), что ведет к созданию и поддержанию агрономически ценной комковатой и зернистой структуры (агрегаты диаметром 0,5—10 мм), обусловливающей благоприятные физические свойства почвы (водные, воздушные, тепловые) и связанный с ними химизм, а также благоприятное развитие микробиологических процессов [64].

Структура почвы и ее регулирование являются самостоятельной проблемой громадной важности, тесно связанной с проблемой повышения почвенного плодородия. Ей посвящено большое количество научных работ. Большое значение благоприятной почвенной структуры в повышении плодородия почв и борьбе с засухой и эрозией придавали виднейшие ученые нашей страны В. В. Докучаев [45], А. А. Измайльский [54], П. А. Костычев [81], В. Р. Вильямс [26], К. К. Гедройц [33], Н. А. Качинский [63, 64] и др. Вильямс, характеризуя роль почвенной структуры, подчеркивал, что в структурную почву просачивается 100% атмосферных осадков и отсутствует поверхностный сток, а на бесструктурных почвах большая часть талых вод стекает, вызывая сильную эрозию.

В настоящее время основными путями окультуривания почв, особенно эродированных, улучшения их физических и химических свойств являются следующие: 1) культура многолетних трав в почвозащитных севооборотах, где они произрастают 3—5 лет, а также применение сидератов (преимущественно люпина); 2) внесение органических (навоз, торфяная крошка и др.) и минеральных удобрений, а в случае необходимости — проведение известкования, гипсования и т. д.; 3) применение полимеров с целью оструктуривания почв и улучшения их физических свойств. Указанные мероприятия (особенно перечисленные в первом и втором пунктах) сопровождаются углублением пахотного горизонта, что дает наилучший эффект в сокращении стока, повышении влажности почвы и увеличении урожая сельскохозяйственных культур.

На Новосильской АГЛОС с 1962 г. приступили к изучению влияния окультуривания серой лесной среднесуглинистой почвы на весенний сток с целью определения степени его снижения на

перспективу. [Исполнители Л. Я. Королева (1962—1967 гг.) и Н. Е. Богулина (1968—1970 гг.).] Исследования проводились на склоне выпуклой формы, обращенном на запад-юго-запад. Осенью 1962 г. здесь были заложены постоянные стоковые площадки длиной 350—400 м и шириной 40 м (в 1967 г. их сузили до 25 м). Сток учитывался при помощи водослива с углом выреза 90°. Некоторые данные, характеризующие почвенные условия перед закладкой опыта, приводятся в табл. 55.

Таблица 55

Исходная характеристика серой лесной почвы на стоковых площадках, где проводилось ее окультуривание

Местоположение	Кругизна склона (град.)	Степень смытости почвы	Гумус по Тюрину (%)		Объемный вес в слое (см)			Наименьшая влагоемкость (мм) в слое (см)	
			в пахотном горизонте	в подпахотном горизонте	0—30	30—50	50—100	0—50	0—100
Часть площадок верхняя	2	Очень слабая	2,80—3,10	2,39—3,02	1,17	1,40	1,47	175	359
		Средняя	2,55—2,90	1,74—2,83	1,24	1,44	1,42	155	310
		Сильная	2,16	0,88	1,28	1,38	1,39	163	318

По мере движения вниз по склону уменьшается содержание гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах и увеличивается объемный вес почвы. В слое 50—100 см объемный вес к низу склона уменьшается, что связано с особенностями почвообразующей породы; этими же особенностями объясняются и колебания наименьшей влагоемкости по элементам склона.

Приведем результаты наблюдений над стоком в первые годы (табл. 56). Поле, где были заложены стоковые площадки, в 1962 г. находилось в занятом пару (вико-овес) и осенью его засеяли озимой пшеницей. Различие в агротехнике заключалось в том, что предпосевную вспашку почвы с боронованием (в агрегате) на площадках произвели на разную глубину: 20—22 и 30—35 см. Весенний сток с озими в 1963 г. был сильный, однако, как видно из сравнения с данными табл. 54, он в меньшей степени превышал сток с зяби, чем можно было ожидать. Дело в том, что озимую пшеницу посеяли в первой декаде сентября по только что вспаханному полю и почва не успела достаточно осесть; к тому же она была иссушена парозанимающей культурой.

Осенью 1963 г. на площадки внесли навоз в различных дозах под зяблевую вспашку, произведенную на глубину 30—35 см.

Таблица 56
Влияние глубины вспашки и навозного удобрения на просачивание и сток талых вод (Новосильская АГПОС)

Год	Агрономический фон	Запасы снегового воды + осадки весны (мм)	Просачивость в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока	Приведенная разница в стоке (мм)	Уменьшение стока на 1 см углубления почвы (мм)
							(мм)
1963	Озимь по занятому пару, глубина предпосевной вспашки 20—22 см (2)	122	54,6	67,4 (71,2)	0,552	—	—
	То же, глубина вспашки 30—35 см (3)	129	75,1	53,9	0,418	17,3	1,7
1964	Зябь, вспашка поперек склона на 20—22 см (2)	121	62,6	58,4 (77,8)	0,483	—	—
	Вспашка на 30—35 см	161	99,5	61,5	0,382	16,3	1,5
1965	То же, 45 т/га навоза под вспашку	133	117,0	16,0 (19,3)	0,120	58,5	5,3
	То же, 30 т/га навоза	151	132,8	18,2 (19,4)	0,121	58,4	5,3
	То же, 20 т/га навоза	152	123,4	28,6 (30,3)	0,188	47,5	4,3
	Озимь (пшеница) по занятому пару с глубиной вспашки 20—22 см (2)	48	13,5	34,5 (50,3)	0,719	—	—
1966	То же, глубина вспашки 30—33 см (3)	70	28,5	41,5	0,593	8,8	0,88
	Зяблевая вспашка на 20—22 см	86	84,5	1,5	0,021	—	—
1967	То же, на 30—33 см	90	90	0	0	1,5	0,15
	Зябь, вспашка на 20—22 см	212	99,8	112,2	0,529	—	—
	То же + навоз 145 т/га, последействие (2)	128	94,0	34,0 (55,2)	0,265	57,0	5,7
	То же + навоз 30 т/га, последействие (2)	140	106,2	33,8 (51,1)	0,241	61,1	6,1
1969	Зябь, вспашка вдоль склона на 20—22 см (3)	52	38,4	13,6	0,261	—	—
	То же, последействие 100 и 245 т/га навоза (2)	46	39,4	6,6 (7,4)	0,143	6,2	0,62
	То же, последействие 80 т/га навоза	47	43,6	3,4 (3,7)	0,072	9,9	0,99

Причесание. В графе «Сток» в скобках дан сток, приведенный к одинаковым влагозапасам.

Весенний сток в 1964 г. характеризовался такими показателями: на контрольных площадках при глубине вспашки 20—22 см приведенный к одинаковым водозапасам сток составлял 77,8 мм, а при ее глубине 30—35 см — 61,5 мм, т. е. сток уменьшился на 16,3 мм. На площадках с навозным удобрением произошло резкое уменьшение стока: при дозах навоза соответственно 45 и 40 т/га его приведенные величины оказались равными 19,4 мм, т. е. были меньше на 42,2 мм по сравнению с контролем; при дозе навоза 20 т/га приведенный сток составлял 30,3 мм, т. е. уменьшился на 31,2 мм.

В 1964-65 г. участок находился под озимой пшеницей, посаженной по занятому пару. На площадках с глубокой пахотой, куда в предыдущем году вносился навоз, приведенная величина стока уменьшилась на 8,8 мм, а коэффициент стока на 17,5%. В 1966 г. весенний сток практически отсутствовал, и выявить влияние последействия навозного удобрения на сток не удалось. В 1967 г. сток был очень сильный: на контрольной площадке 112,2 мм, а коэффициент стока 0,529. На площадках, куда раньше вносили навоз, сформировался умеренный сток, на 57—61 мм меньше по сравнению с контролем. Столь большое его уменьшение нельзя целиком отнести за счет влияния навозного удобрения (окультуривания почвы); оно частично может быть связано с большими снегозапасами на контроле и в связи с этим с особенностями формирования снежного покрова.

Осенью 1967 г. на две площадки внесли под перепашку пару на глубину 27—30 см по 100 т/га навоза и на одну площадку 50 т/га. Три контрольные площадки также перепахали на 27—30 см и три другие на 20—22 см. В 1968 г. проследить прямое влияние навозного удобрения не удалось, так как сток с зяби отсутствовал; лишь при вспашке вдоль склона на 20 см он равнялся 2,5 мм. В 1969 г. весенний сток с зяби составил в среднем 13,6 мм, а на площадках, куда ранее вносили навоз, колебался в пределах 3,4—6,6 мм, т. е. существенно уменьшился. Выше (§ 1, глава II) было показано, что в 1970 г. сток был очень сильный. На участке, где изучается влияние окультуривания почвы на сток, он колебался в пределах 105,7—130,1 мм при коэффициенте 0,57—0,58; последействие навоза в этом году практически не сказалось.

Таким образом, наиболее сильное прямое действие навозного удобрения на уменьшение весеннего стока проявилось в 1964 г.; в 1968 г. вследствие отсутствия стока с зяби оно не выявилось. Последействие навоза (окультуривание почвы) значительно сказалось в 1967 и 1969 гг. В связи с уменьшением стока смыв почвы на площадках с навозным удобрением был значительно меньше, чем на контроле.

Все изложенное по данному вопросу позволяет заключить, что при углублении пахотного горизонта и интенсивном окультуривании почв, особенно эродированных, восстановлений и

повышении их плодородия можно достичь хороших результатов и в уменьшении поверхностного стока и эрозии. Одновременно это позволит улучшить влагообеспеченность полей и повысить урожай сельскохозяйственных культур.

Влияние глубины обработки и удобрения почв на урожай сельскохозяйственных культур

Исследованиями многих научных учреждений страны установлено благоприятное влияние глубокой зяблевой вспашки на урожай. Агротехническая роль глубокой вспашки изучалась, как правило, на несмытых почвах. Новосильской опытной станцией еще в довоенный период была установлена очень высокая эффективность на эродированных почвах азотосодержащих удобрений, особенно навоза, и сделан вывод о необходимости углубления пахотного горизонта почв. По мере продвижения к низу склона влияние этих удобрений повышается; средне- и особенно сильносмытые почвы наиболее отзывчивы на азот. Эффективность фосфорных удобрений к низу склона убывает; существенное положительное действие их на таких почвах проявляется лишь при их совместном внесении с азотными, иначе говоря, эффективность фосфора значительно повышается на азотном фоне. Положительное действие калия на сильносмытых землях оказывается лишь при совместном его внесении с азотом и фосфором.

Эти выводы Новосильской станции в основном подтверждлись последующими исследованиями [68, 102]. М. М. Кононова [78] пришла к выводу, что бросовые земли отличаются исключительной бедностью содержания органического вещества и что это вещество не может обеспечить нормальный питательный режим почвы, в частности вследствие крайне малого количества легко гидролизуемого азота. В то же время эти почвы являются живыми в отношении микронаселения. В. Р. Вильямс [26], оценивая роль навозного удобрения, громадное значение придавал ему как фактору оживления биологических процессов в почве.

И. А. Скачков [128] отмечает, что на черноземе Каменной стели (склон 2,5°) урожай ячменя в 1963 г. увеличился при внесении 20 т/га навоза под вспашку на 27%, при дозе навоза 10 т/га и $N_{60}P_{60}K_{60}$ под вспашку — на 33,4%, при внесении полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$) под вспашку — на 22,7%, а под культивацию — на 45,1% при урожае на контроле 33,5 ц/га. При внесении $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожай силосной массы кукурузы в среднем за два года (1963—1964) повысился на 41,9%, при урожае на контроле 423 ц/га. По данным Курской ЗОМС, внесение азота на несмытой почве увеличивало урожай ржи на 26,5%, на слабосмытой — на 31,8%, на среднесмытой — на 57,7%. Аналогичные данные получены и при удобрении пшеницы.

По данным Камышинской селекционной опытной станции [49], прибавка урожая на каштановых почвах от действия и

последействия 30 т/га навоза, внесенного под основную вспашку, выразилась следующими показателями: по озимой ржи 7,6 ц/га при урожае на контроле 14,3 ц/га (среднее за 22 года); по озимой пшенице 10,5 ц/га при урожае на контроле 11,2 ц/га (среднее за три года); по яровой пшенице 7 ц/га урожай на контроле 7,3 ц/га (среднее за 11 лет). Действие навоза продолжается 4—5 лет.

Высокие прибавки получены и от внесения минеральных туков. На Камышинском опорном пункте (почва каштановая слабосмытая) в опытах Н. Е. Богулиной 1963-64 г. прибавка урожая ячменя от внесения $N_{50}P_{60}$ составила 5,3 ц/га при урожае на контроле 13,6 ц/га, а при дозе удобрений $N_{17}P_{30}$ — 3,9 ц/га.

На эродированных почвах склонов эффективность удобрений в ряде случаев выше, чем на несмытых. На светло-каштановых средне- и сильносмытых почвах под Волгоградом прибавка урожая ячменя от внесения полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{45}$) в среднем за 1951 и 1952 гг. составила 5,7—6,1 ц/га при урожае на контроле 9,8 ц/га [154]. В опытах А. Т. Барабанова [9] за 1964 г. (влажный) внесение аммиачной селитры и суперфосфата ($N_{45}P_{30}$) под предпосевную культивацию повысило урожай ячменя на 8,4—15,8 ц/га при урожае на контролях 13,9—17,8. Столь высокая прибавка объясняется, с одной стороны, бедностью почвы, а с другой — достаточным количеством влаги в ней. В засушливом 1965 г. прибавка урожая ячменя от внесения азота и фосфора ($N_{45}P_{30}$) колебалась от 4,1 до 7,3 ц/га, от одного азота — от 3,7 до 4,5 ц/га при урожае на контрольных делянках 7,8—9,1 ц/га. Эффективность удобрения смытых почв выше, чем несмытых.

Структура почв является важнейшим фактором их плодородия. Наукой установлено, что в структурных почвах создаются благоприятные водно-воздушный, тепловой и биологический режимы и происходит более активная мобилизация питательных веществ; такие почвы обладают лучшими технологическими свойствами, в связи с чем облегчаются все виды их обработки. Почвы с водопрочной структурой отличаются высокой противовэрозионной устойчивостью. Поэтому агрономическая мысль постоянно занята поисками новых эффективных способов улучшения и регулирования структурно-агрегатного состава, в частности внесением в почву специальных препаратов-структурообразователей.

Первые научные исследования по проблеме искусственного структурообразования проводились начиная с 1932 г. в Агрофизическом научно-исследовательском институте (Ленинград) под руководством академика А. Ф. Иоффе и Д. Л. Талмуда и развивались П. В. Вершининым, а затем и в других научных учреждениях страны. Как сообщается в работах П. В. Вершина [23, 24], Н. А. Качинского [64] и других

авторов, в качестве структурообразователей вначале использовали битумы, торфяной клей, смоляной клей, лигносульфонат аммония (К-1), лигносульфонат кальция (К-7) и другие kleющие препараты. Подводя итоги исследованиям первого периода, П. В. Вершинин [23] отмечал, что дозы торфяного клея 0,25—1,0% или смоляного клея 0,05—0,1% веса почвы, внесенные в дерново-подзолистую среднесуглинистую почву, увеличивали содержание водопрочных агрегатов от 3,8 до 49,7—88,0%; при этом существенно повышался урожай сельскохозяйственных культур. Согласно теоретическим представлениям, наилучший структурообразующий эффект получается при количестве структурообразующего вещества, равном одномолекулярному покрытию удельной поверхности почвы kleющим веществом.

В начале 50-х годов и позднее в США, СССР и других странах были синтезированы на основе трех органических кислот — акриловой, метакриловой и малеиновой — полимерные химические препараты (крилиумы), которые наряду с гуматными препаратами подверглись широкому испытанию как искусственные структурообразователи. Это полиакриламид (ПАА), полиакрилонитрил гидролизованный (ГИПАН), препараты на полиакриламидной основе К-4, К-6, сополимер VIII (60% метакриловой кислоты и 40% метакриламида), VAMA (США) — кальциевая соль сополимера винилацетата и малеиновой кислоты, НРАН (США) — натриевая соль гидролизованного полиакрилонитрила, фердикунг АН (ГДР) — двойная натриевоаммонийная соль гидролизованного полиакрилонитрила, рохагит (ФРГ) — кальциево-натриевая смесь соли сополимера метакриловой кислоты и ее метилового эфира и другие [23, 64].

Для создания водопрочной структуры этих веществ требуется приблизительно в 10—20 раз меньше, чем гуминовых веществ. Считается [23, 108], что механизм склеивания частиц этими веществами иной, чем веществами типа гуматов; полимеры являются типичными полианионами или поликатионами, и вызываемое ими структурообразование носит коагуляционный характер. Большое значение придается также возникновению водородных связей между активными группами полимеров и гидроксильными группами глинистых частиц.

Опытами П. В. Вершинина [23, 24], В. Б. Гуссака [42—44], Н. А. Качинского [64], А. И. Мосоловой [104], И. Б. Ревута [117] и других исследователей [1, 82, 98, 114, 118], проведенными на дерново-подзолистых, черноземных, светло-каштановых почвах и орошаемых сероземах, установлено, что внесение полимерных препаратов в дозах 0,01—0,05—0,1—0,2% веса почвы приводит к ее быстрому оструктуриванию (увеличивается содержание всех агрегатов, особенно более крупных) и улучшению технологических свойств, резко уменьшает коркообразование, повышает инфильтрационную способность почвы и способствует более экономному расходованию влаги; активизирует

бактериальную часть микрофлоры. Все это приводит к повышению плодородия почв. Считается, что крилиумы несильно разлагаются микроорганизмами, и искусственно созданная структура сохраняется в течение 3—5 лет.

Оструктуривающее действие полимеров, помимо их свойств и доз внесения, зависит также от внешних почвенных факторов — степени исходной агрегатности или распыленности почвы, ее влажности. При воздействии полимеров имеющиеся природные агрегаты приобретают значительно большую водопрочность, чем вновь возникшие из распыленной почвы [64]. Наиболее сильнодействующими структурообразователями отечественного производства являются препараты К-4, К-6, ГИПАН, ПАА, со-полимер VIII, а из зарубежных — американские поликарбамид, VAMA и HPAN. Наиболее длительным последействием (до 6 лет) обладает К-4 [42, 104]. Установлено, что внесение указанных препаратов в пахотный (или подпахотный) горизонт в дозах 0,05—0,1—0,2% от веса почвы увеличивает количество водопрочных агрегатов на 18—30% [1, 64, 82, 104, 118], а в некоторых случаях на 60% и больше [42]. Их вносят в виде раствора или порошка.

Внесение гуматных и полимерных структурообразователей в почву (пахотный горизонт или верхний 10-сантиметровый слой его), как правило, сопровождается повышением урожайности сельскохозяйственных культур на 10—37% и больше. Это отмечалось на дерново-подзолистых почвах Ленинградской и Московской областей [23, 64, 104, 114 и др.], на черноземах Молдавии [82], на светло-каштановых почвах [64], на орошаемых се-роземах [42, 43]. Особенно резко она повышается на сильно засоренных почвах [24]. В некоторых случаях связь урожая со степенью оструктуренности почвы отсутствовала. А. И. Мосолова [104] пришла к выводу, что эффективность влияния полимеров на урожайность сельскохозяйственных культур зависит от особенностей полимеров и их доз, минерального фона и культивируемого растения. Являясь одновременно и азотными удобрениями, они по фону РК повышали урожай различных сельскохозяйственных культур на 42—670%, а по фону НРК не более чем на 50%. Требуется дальнейшее изучение условий и доз применения каждого полимера для определенного вида растений.

В недавнее время в Агрофизическом научно-исследовательском институте [55, 56] приступили к изучению новых структурообразователей — катионных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Это четырехзамещенные соли аммония — хлорид диметилдиалкиламмония, или образец № 37, и солянокислая соль первичного амина (хлоргидрат). Отличительной особенностью ПАВ является то, что они не только агрегируют почву, но и сильно гидрофобизируют поверхность агрегатов, которые в значительной степени теряют способность смачиваться. Согласно данным А. А. Ионовичуса и Г. Л. Масленковой [55], внесение

ПАВ в дерново-подзолистую тяжелосуглинистую и глинистую почву в количестве 0,05—0,10% увеличило водопрочность агрегатов на 12—67%. Хлоргидрат обладает почти таким же оструктуривающим действием, как и ПАА. Содержание водопрочных агрегатов значительно повышается при последовательном внесении малых доз ПАА и ПАВ.

В АФИ проводятся исследования [56], направленные на создание на поверхности почвы мульчслоя (2—5 см) из водопрочных гидрофобизированных агрегатов при помощи ПАА и ПАВ. Наличие такого слоя имеет универсальное мелиоративное значение, так как при этом исключается заплывание поверхности и коркообразование, увеличивается впитывающая способность почвы и сокращается поверхностный сток, резко уменьшается испарение влаги, улучшается газообмен в почве.

Улучшение почвенной структуры имеет большое общеагрономическое значение, но оно особенно важно для уменьшения водной и ветровой эрозии почв. Об этом свидетельствуют имеющиеся научные материалы, касающиеся главным образом области ливневой и ирригационной эрозии.

Сокращение смыва связано, с одной стороны, с увеличением водопроницаемости почвы и уменьшением стока, а с другой — с повышением водопрочности агрегатов, их устойчивости к размыванию.

Так, в экспериментах В. Б. Гуссака [42] введенные в струю потока контрольные агрегаты типичного серозема диаметром 2—3 мм мгновенно распадались на микроагрегаты и уносились водой, а агрегаты, обработанные К-4, сохранялись в том же потоке неопределенно долгое время. Внесение этого препарата в дозе 150 кг на 1 га увеличивало на 25—52% содержание водопрочных агрегатов в слое 0—5 см [44]. Смыв почвы при поливе в 1961 г. уменьшился на варианте с К-4 от 50 т/га почти до нуля, а мутность воды понизилась от 13 до 1,8 г/л. Урожай хлопка-сырца увеличился на 5,3 ц/га (14,2%). В 1962 г. ирригационный смыв снизился при дозе полимера 400 кг на 1 га в 2—2,5 раза, а урожай хлопка-сырца повысился на 4,3 ц/га (14%).

Эксперименты с искусственным дождеванием, проведенные К. С. Матчановым [97] на серых лесных пылеватых суглинках УССР, показали, что при внесении ПАА и ГИПАН (дозы 0,01% веса пахотного горизонта) коэффициенты стока сокращались более чем в 2 раза (0,21 против 0,46 и 0,09 против 0,53). При этом интенсивность выноса почвы (мутность воды) уменьшилась в 2—5 раз, а общий смыв ее в 4,5; 6,5 и 25 раз. Т. Б. Махлин [98] испытывал влияние полимеров ПАА, К-4 и сopolимера VIII на ливневый сток и смыв на тяжелосуглинистых черноземах Молдавии. Лучшими структурообразователями здесь оказались препарат К-4, а также ПАА. При искусственном дождевании площадок, куда внесли в слой 0—10 и 0—20 см 0,03%

ПАА, коэффициент стока уменьшился в 1,4 (0,20 против 0,28) и 1,85 (0,13 против 0,24) раза, а смыв почвы соответственно в 1,6 и 2,8 раза. Меньшие дозы препарата слабее сокращали сток и смыв. На делянках с кукурузой и паром сток при естественных ливнях снижался под влиянием полимеров, внесенных в количестве 300 и 600 кг/га, в 1,2—4,6 раза, смыв уменьшался в 1,7—5 раз.

В. С. Габай [30] испытал при помощи лабораторной дождевальной установки водопрочность песчаных глыбок, обработанных ПАА. Наибольшие показатели их водопрочности для Приводжских песков (97,3% первоначального объема) были при дозе ПАА 150 г/м², а для Бажиганских песков (102,2% в связи с некоторым набуханием) при дозе 90 г/м².

Применение структурообразователей для борьбы с эрозией почв очень перспективно и требует дальнейшего изучения. У нас пока не имеется работ, которые характеризовали бы их эффективность в сокращении стока талых вод и смыва почв в весенний период. В настоящее время вследствие высокой стоимости полимерных препаратов их внедрение в сельскохозяйственное производство затруднительно.

Плоскорезная обработка получает все большее распространение как общеагротехническое мероприятие и как мера борьбы с эрозией и дефляцией почв. Выше отмечалось, что безотвальная обработка способствует некоторому увеличению стока при одновременном повышении снегозапасов и влажности почвы. Аналогичное действие оказывает плоскорезная обработка. Она изучалась на черноземах Поволжской АГЛОС ВНИАЛМИ (И. И. Гункин) и на светло-каштановых почвах Волгоградского опытного хозяйства института (В. П. Борец). Результаты исследований приведены в табл. 57.

Из таблицы видно, что на черноземе Поволжской АГЛОС в 1970 г. влагозапасы в снеге, показатели стока и смыв по плоскорезной обработке были несколько больше, однако и в почву просочилось больше снеговой воды, чем на контроле. Урожай зерновых культур в 1969 г. по такой обработке был намного выше, а в 1970 г. несколько меньше по сравнению с контролем. На светло-каштановых почвах выявились такие же закономерности в отношении показателей стока и увлажнения почвы. Смыв почвы при небольших его величинах колебался в ту и другую сторону. Урожай ячменя два года был выше по плоскорезной обработке и один год несколько уменьшился, что связано с запоздалым посевом. Следует отметить, что, когда формируется очень слабый и слабый сток, существенной разницы в показателях смыва на участках плоскорезной и обычной вспашки не бывает, а при значительном и сильном стоке по плоскорезной обработке он намного меньше. Поэтому в почвозащитном отношении такая обработка безусловно предпочтительнее.

Влияние плоскорезной обработки на сток талых вод, смык почвы и урожай сельскохозяйственных культур

Таблица 57

Показатели	Зяблевая вспашка поперек склона на 28–30 см			Плоскорезная обработка на 28–30 см		
	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1969 г.	1970 г.	1971 г.
Поволжская АГЛОС Куйбышевской области						
Почва — чернозем обыкновенный среднесмытый						
Влагозапасы в снеге, мм	58	73,0	—	67	94,0	—
Проросчились в почву, мм	58	64,5	—	67	77,8	—
Сток, мм	0	8,5	—	0	16,2	—
Коэффициент стока	0	0,12	—	0	0,17	—
Смык, м ³ /га	0	0,32	—	0	1,0	—
Урожай, ц/га (в 1969 г.— овес, в 1970 г.— пшеница)	8,0	13,5	—	15,8	12,8	—

Волгоградское опытное хозяйство ВНИАЛМИ

Почва — светло-каштановая среднесмытая

Влагозапасы в снеге, мм	7	132 (130)	68	14	150 (147)	129
Проросчились в почву, мм	7	130,8 (121,7)	67,6	14	146,5 (133,4)	125,1
Сток, мм	0	1,2 (8,3)	0,4	0	3,5 (13,6)	3,9
Коэффициент стока	0	0,01 (0,06)	0,005	0	0,02 (0,1)	0,03
Смык, кг/га	0	5 (127)	0,5	0	13 (48)	14,3
Урожай ячменя, ц/га	4,6	15,2	10,5	6,9	15,9	9,7

П р и м е ч а н и е. Показатели для светло-каштановых почв за 1970 г.: цифры в скобках характеризуют результаты опыта на III поле, а вне скобок — на V поле.

Приемы поверхностного задержания и регулирования стока

В системе агрономических мероприятий по борьбе с эрозией проблема поверхностного задержания и регулирования стока агротехническими приемами имеет важное значение. В настоящее время, когда говорят о задержании талых вод на сельскохозяйственных угодьях, имеют в виду главным образом зяблевую пахоту, которая занимает до 60% площади пашни. Несмотря на кажущуюся простоту, проблема задержания стока в теоретическом плане довольно сложна. До настоящего времени господствуют представления, приводящие на практике к упрощенчеству и к не вполне правильным, а порою к неправильным рекомендациям. В качестве исходной теоретической предпосылки, принимаемой многими исследователями за аксиому, считается, что прибавка влаги на зяблевой пахоте, где произвели поделку микрорельефа, равна емкости микрорельефа. Например, подсчитав, что дополнительная емкость микрорельефа, произведенного прерывистым бороздованием, лункованием или другим способом, составляет 40 мм, полагают, что и дополнительный объем водозадержания выражается этой же величиной. Однако, как увидим ниже, в действительности это не так.

О гидрологической роли поперечной зяблевой вспашки, как и других приемов, в литературе нет единого мнения. С. С. Соболев [50, 132, 133 и др.], опираясь на данные некоторых авторов, пришел к выводу, что вспашка поперек склона обеспечивает задержание 65—85—100 мм воды сверх того, что просачивается в почву при продольной вспашке. Ссылаясь на И. А. Кузника и В. М. Фалесова, он пишет, что «при вспашке вдоль склонов поверхностный сток увеличивается до 10 раз и более по сравнению с участками, где вспашка проводилась поперек склонов» [132, с. 131]. Однако это справедливо лишь для случаев, когда сток был крайне незначительный (0,1—0,2 мм на поперечной пахоте и 1—2 мм на продольной). И. А. Кузник по этому вопросу заключает, что «норма стока с зяби составляет в центральном Заволжье 20 мм, а при пахоте поперек склона 8—12 мм» [86, с. 86].

На Новосильской опытной станции еще в довоенный период [73] пришли к выводу о незначительной роли вспашки поперек склона в задержании талых вод и в то же время о важном ее значении в отношении уменьшения энергетических затрат. М. И. Львович [92], проанализировав имеющиеся данные стоковых площадок, пишет следующее: «Эффективность поперечной пахоты на супесчаных почвах незначительна, а в условиях Придеснянской станции она вовсе не сказалась на стоке... Эффект поперечной пахоты также невелик и по наблюдениям на тяжелом суглинистом черноземе в Курской области... В Южном Заволжье почва дополнительно увлажняется приблизительно на 10 мм... Таким образом, имеющиеся ограниченные материалы показывают, что поперечная пахота не обладает

существенными преимуществами в сравнении с продольной» [92, с. 227].

Г. Конке и А. Бертран [77], обобщая литературу о положительном влиянии контурной вспашки на уменьшение стока ливневых вод в США, пишут: «Плотные почвы мало выигрывают от контурной обработки и требуют других защитных мероприятий» [77, с. 222]. Это еще в большей степени относится к мерзлым почвам.

Выше отмечалось, что просачивание воды в почву определяется, с одной стороны, инфильтрационной способностью почвы при сплошном затоплении ее поверхности (максимальная инфильтрация), а с другой — внешними факторами, которые обеспечивают ту или иную степень реализации указанной способности. В реальных условиях залегания почв на склонах максимальная водопроницаемость ее реализуется не полностью. Внешние факторы, обусловливающие формирование слоя постоянного затопления, обеспечивают контакт почвы с водой во время дождя, благоприятствуя тем самым более интенсивному просачиванию воды. К ним относятся нано- и микрорельеф поверхности, растительный покров и различные виды мульчи. Благодаря этой своей функции микрорельеф пашни в летний период является постоянно действующим (в течение дождя) фактором впитывания, вследствие чего объем водозадержания и водопоглощения значительно превышает его емкость, особенно при достаточной его устойчивости к разрушению водой. Значение нано- и микрорельефа (а на устойчивых к заплыvанию почвах — поверхностного рыхлого слоя) в задержании и впитывании почвой дождевых (ливневых) вод достаточно существенно.

Иная картина наблюдается во время снеготаяния. В этом случае насыщенный водой снежный покров обеспечивает ее контакт с почвой и тем самым играет роль постоянно действующего фактора впитывания; поэтому интенсивность впитывания талых вод при прочих равных условиях мало зависит от микрорельефа пашни. В период весеннего стока роль микрорельефа сводится главным образом к задержанию им воды на последнем этапе снеготаяния; затем эта вода просачивается в почву [147]. Объем водозадержания равняется рабочей емкости микрорельефа, т. е. действительно работающей на водозадержание. Она значительно меньше емкости, полученной изменением геометрических параметров микрорельефа.

Рассмотрим экспериментальные материалы, характеризующие гидрологическую роль поперечной пахоты и специальных приемов водозадержания. В табл. 58 сведены литературные данные и новейшие материалы ВНИАЛМИ о влиянии направления зяблевой пахоты на сток. Для получения более сопоставимых результатов в соответствующей графе этой таблицы дана приведенная к одинаковым влагозапасам разница в стоке.

Из таблицы следует, что на площадках с поперечной вспашкой сток в подавляющем большинстве случаев сокращался на величину до 5—6 мм ($50-60 \text{ м}^3/\text{га}$). Все данные ВНИАЛМИ, полученные в различных почвенно-климатических условиях, подтверждают это. Однако имеются случаи, когда разница в пользу поперечной пахоты превышала 5—6 мм. Иногда это было связано с очень большим превышением влагозапасов на площадках с продольной вспашкой и большим распространением ледяной корки, что в многоводные годы способствует повышению коэффициента и величины стока (данные Г. В. Назарова за 1955 г.). В других случаях сток повышался в связи с тем, что при вспашке площадок поперек склона разворачивали тракторный агрегат и распыляли почву на площадке, предназначенной под продольную вспашку (данные А. И. Гончара за 1947—1956 гг. и И. П. Сухарева за 1952 г.). На величину весеннего стока оказывает влияние и предшествующая культура, а также характер предшествующего использования почвы; например, по пласту многолетних трав весенний сток намного ниже, чем по старопашке (данные Назарова за 1953 г.). В некоторых случаях под влиянием каких-то неучтенных факторов (например, некоторая разница в смытости почвы) на поперечной пахоте формируется несколько больший сток, чем на продольной; аналогичные факторы могут влиять в сторону избыточного превышения стока с продольной пахоты.

Таким образом, можно считать установленным, что зяблевая вспашка поперек склона сокращает сток талых вод на величину до 5—6 мм. Однако это не должно являться причиной безразличного отношения к направлению вспашки. В производственных условиях на полях с поперечной вспашкой из-за наличия развалных борозд смыт уменьшается в 1,5—2 раза. При проведении обработки почвы и посева поперек склона водозадерживающая и противоэррозионная эффективность различных приемов (гребнистая вспашка, лункование, щелевание, почвозащитное действие покровных культур и др.) намного больше, чем когда это требование не соблюдается. Вопрос о направлении основной вспашки и вообще обработки почвы не может быть предметом дискуссии. Соблюдение указанного требования достигается проведением правильной противоэррозионной организации территории, о чем будет сказано в § 2 главы III. С другой стороны, необоснованная громадная переоценка водозадерживающей эффективности зяблевой вспашки поперек склона может лишь порождать иллюзию легкого преодоления грозных процессов эрозии, без применения противоэррозионного комплекса.

Проанализировав литературные данные и материалы опытной сети ВНИАЛМИ, мы пришли к выводу, что по зяблевой пахоте поперек склона урожай зерна в аналогичных условиях повышается на 0,2—0,4 ц/га по сравнению с вспашкой вдоль

Таблица 58

Влияние зяблевой вспашки поперек и вдоль склона на сток талых вод

Почвы, автор	Год	Запасы воды в снеге (мм)		Сток (мм)		Коэффициент стока в приведенном стоке (мм)	Разница в приведенном стоке (мм)
		поперек	вдоль	поперек	вдоль		
Подзолистый суглинок, Жигалов [47]	1951	112	126	95,5	106,8	0,85	0,0
	1952	107	117	80,0	96,6	0,75	0,83
Серые лесные среднесуглинистые слабо- и среднесмытые (Сурманч, Дьяков, Сухов)	1959	124	153	91,0	112,6	0,73	0,74
	1960	136	141	81,8	85,2	0,60	0,60
	1961	32	29	5,4	12,2	0,17	0,42
	1961	32	30	1,8	2,1	0,06	0,4
	1962	22	22	15,6	19,6	0,71	0,89
	1963	118	112	60,0	56,5	0,51	0,50
	1963	108	121	50,6	54,1	0,47	0,45
		116	113	63,9	65,5	0,55	0,58
		122	111	68,0	52,0	0,56	0,47
		56	56	16,0	25,0	0,28	0,45
Серый лесной суглинок, Гончар [35]	1947—1956	113	114	58,6	59,1	0,52	0,52
То же, Онуфриенко [109]	1949—1951 и 1953	106	102	67,2	75,4	0,64	0,75
Чернозем выщелоченный, Трушин [62]	1952	38	38	16,0	24,7	0,42	0,65
	1953	44	46	15,8	25,2	0,47	0,72
	1954	45	48	25,0	31,0	0,56	0,65
	1959	115	116	55,0	62,0	0,48	0,53
	1960	15	15	0	0,1	0	0,1
	1961	50	61	20,0	46,0	0,40	0,75
	1952	64	66	0,4	3,3	0,006	0,05
Чернозем обыкновенный, Сухарев [159]	1939	66	64	0,8	2,5	0,01	2,9
Чернозем обыкновенный и южный, Кузник [85]	1939	28	38	0,3	1,2	0,04	1,7
						0,03	0,8

Чернозем обыкновенный (Сурмач)

1954	119	116	37,1	0,20	0,22	3,5
1956	193	243	0	0	0,06	5,4
1957	83	91	37,2	0,45	0,48	3,1
1958	99	124	3,2	0,03	0,01	-2,4
1959	66	69	0	0	0	0
1963	174	166	35,3	37,1	0,20	0,22
1964	125	125	0,14	4,6	0	0,04
1965	95	105	0	15,3	0,10	0,12
1963	125	125	12,0	1,9	0,01	0,015
1963	122	123	1,4	5,3	0,02	0,04
1964	125	126	3,0	5,3	0,02	0,04
			1,6	1,6	0,005	0,01
			0,6	2,1	0,005	1,0
			0,14	0	0,09	2,2
			0	0	0	0
			0	0	0	0
			12	0,11	0,17	3,4
			8,5	0	0,12	8,6
			0,4	9,0	0,02	0,11
			18,2	50,5	0,29	0,54
			94	40,4	0,23	0,42
			66	13,1	0,01	0,02
			73	1,8	0,05	0,06
			0,4	4,0	0,04	0,09
			47	1,7	0,07	0,15
			38	2,7	0,03	0,11
			37	1,2	0	0
			85	0	0	0
			18	0	0	0
			21	0,1	0,6	0,5
			70	0,2	0,3	0,004
			86	79	36,7	0,46
			42	48	2,0	2,1
			15	15	0,2	0,04
					0,006	0,1
					0,01	

То же (Сурмач, Бобров, Панов)

Чернозем обыкновенный (Сурмач, Агеев)

Каштановая и темно-каштановая, Кузник [85]	1951	81	82	0,4	9,0	0,02	0,11	8,6
Темно-каштановая, Назаров [106]	1952	124	73	0	0	0	0	0
Каштановая суглинистая (Сурмач, Антипов, Богулина)	1953	61	94	18,2	50,5	0,29	0,54	14,1
Каштановая суглинистая (Сурмач, Антипов, Богулина)	1955	58	96	13,1	40,4	0,23	0,42	11,2
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барabanov)	1956	168	128	1,8	3,1	0,01	0,02	2,1
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1960	35	94	4,0	5,8	0,05	0,06	1,3
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1961	46	47	1,7	4,2	0,04	0,09	2,5
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1962	38	38	2,7	5,6	0,07	0,15	2,9
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1963	93	85	0	4,0	0,03	0,11	2,8
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1960	18	18	0	0	0	0	0
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1961	21	21	0,1	0,6	0,005	0,03	0,5
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1962	70	77	0,2	0,3	0,003	0,004	0,1
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1963	86	79	37,9	36,7	0,44	0,46	2,1
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1964	42	48	1,8	2,0	0,04	0,04	0
Светло-каштановая легко- и среднесуглинистая среднеспелая (Сурмач, Барабанов)	1966	15	15	0,1	0,2	0,006	0,01	0,1

¹ На плоскадке с продольной пахотой до начала вспашки разворачивался трактор, распахывая верхнюю часть пахотного горизонта.

² Пахота поперек склона представляет собой пласт многолетней залежки, вдоль склона — старопахота.

склона. Большие колебания в ту или другую сторону в большинстве случаев связаны с различиями в запасах снеговой воды на сравниваемых вариантах (и, следовательно, в увлажнении почвы) или с другими причинами.

Некоторые приемы поверхностного водозадержания известны сравнительно давно. Так, водозадерживающие валики по горизонтальным предложены П. В. Янковским [183] в конце XIX в., перекрестное бороздование («пропашка в шашку») А. А. Шалабановым [176], прерывистое бороздование И. И. Касаткиным [59]. В последние десятилетия появились новые модификации этих приемов на базе новых орудий и приспособлений: гребнистая вспашка, лункование, прерывистое бороздование и др. Однако все они до последнего времени не получили достаточного теоретического и экспериментального обоснования и оценки, их рекомендовали производству как высокоэффективные большей частью на основании априорных соображений.

Рассмотрим литературные данные и материалы ВНИАЛМИ, характеризующие эффективность указанных приемов водозадержания. Данные табл. 59 получены в результате изучения стока на стоковых площадках, где создавались соответствующие агрофоны.

Как видно из табл. 59, поделка земляных валиков поперек склона (одновременно с проведением зяблевой вспашки) при помощи увеличенного отвала¹, установленного на одном из корпусов тракторного плуга (гребнистая пахота), обеспечивает несколько лучшее поглощение талых вод по сравнению с другими приемами водоудержания. Согласно трехлетним данным, полученным в Каменной степи [159] и на Новосильской АГЛОС, гребнистая вспашка уменьшает сток до 12 мм по сравнению с обычной. Гребнистую вспашку поперек склона целесообразно сочетать с глубокой вспашкой (почвоуглублением). Преимуществом такой вспашки является то, что при поделке валиков не происходит уплотнения почвы, и поэтому ее инфильтрационная способность в мерзлом состоянии не снижается по сравнению с обычной вспашкой. Когда же гребнистая вспашка проводится под некоторым углом к горизонтальным, она выполняет важную противоэррозионную роль, отводя непоглощенную воду под малыми углами и тем самым уменьшая смыв [142].

В опытах Г. А. Пресняковой [115], И. И. Белозера [13] и других зяблевая вспашка поперек склона с увеличенным отва-

¹ Увеличенный отвал может быть изготовлен в колхозной мастерской или кузнице. Для этого берут два обычных отвала, один из них прикладывают к другому с тыльной стороны и подгоняют так, чтобы линия среза обоих отвалов, примыкающая к лемеху, составляла одну прямую, а общая длина увеличивалась на 35—40 см; в таком положении оба отвала сваривают или скрепляют четырьмя болтами. Ко второму отвалу приваривается лемех, являющийся продолжением первого лемеха. Для указанных целей применяют также стандартный корпус КВ-1.

лом повышала урожай сельскохозяйственных культур на 4—25% (от 0,6 до 1,8 ц/га). В последние годы стали рекомендовать проводить гребнистую вспашку плугом с двумя укороченными отвалами, поставленными через один корпус. Однако исследования на Новосильской АГЛОС показали, что она мало эффективна в отношении водозадержания. Это объясняется главным образом значительным уменьшением мощности рыхлого слоя в межгребневых бороздах и понижениях, что равнозначно уменьшению глубины вспашки. Оно способствует образованию льда в понижениях и уменьшает впитывающую способность мерзлой почвы.

Микролиманы, устроенные при помощи приспособления П. П. Мажарова [93], не дали должного эффекта в сокращении стока. На серых лесных почвах Новосильской АГЛОС сток на пашне с микролиманами в 1961 и 1962 гг. находился на уровне контроля или был меньше всего на 3 мм (в отдельных случаях при больших снегозапасах больше на 6,5 мм).

На Поволжской АГЛОС Куйбышевской области в 1958-59 г. провели производственный опыт с микролиманами на площади 60 га (повторность вариантов трехкратная). Урожай зеленой массы кукурузы составил по зяби с микролиманами 154 ц/га и по обычной зяби 155 ц/га, т. е. был одинаковый. Обращает на себя внимание следующее обстоятельство. В 1959 г. стока с обычной зяби не было, в микролиманах же собирались лужицы снеговой воды вследствие повышенной льдистости и низкой водопроницаемости почвы, уплотненной лопатой перемычекоделателя.

Д. И. Буров и Д. Н. Луканчев [20] приводят данные по Куйбышевской области, свидетельствующие о достаточно высокой эффективности микролиманов в том же 1959 г.: прибавка урожая яровой пшеницы и ячменя равнялась 2,8 и 1,9 ц/га. Учитывая, что сток с зяби в этом году полностью отсутствовал, прибавку урожая можно объяснить лишь дополнительным снегонакоплением или какими-то иными причинами, но не водозадержанием.

Из табл. 59 также следует, что данные о водозадерживающей эффективности прерывистого бороздования зяби противоречивы. В условиях Черниговской лесостепи, согласно 10-летним данным Придеснянского опытного пункта [35], бороздование увеличило сток в среднем на 6 мм. Оно не сыграло также положительной роли на серых лесных почвах Новосильской АГЛОС в 1967—1970 гг. (расстояние между бороздами 3—4 м). В опытах, проведенных на Камышинском опорном пункте ВНИАЛМИ, оно в 1947 г. дало отрицательный результат, а в 1961—1964 гг. его роль в сокращении стока практически не выявила или была незначительной. На светлокаштановых почвах под Волгоградом перекрестное и прерывистое бороздование зяби за пять лет наблюдений лишь в 1951 г.

Таблица 59
Эффективность приемов поверхностного задержания талых вод

Год, автор	Приемы	Средняя крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге (мм)	Продолжность почвы (мм)	Сток (мм)	Приведенная разница в стоке (мм)	Коэффициент стока
Серая лесная, Гончар [35]	1947 Пахота вдоль склона 1956 То же + борозды через 4—5 м	9 9	56 56	31,0 25,0	25,0 31,0	— —6,0	0,45 0,56
Темно-серая лесная (В. Н. Дьяков, В. Л. Сухов)	1960 Пахота поперек склона То же, гребнистая (3)	1,5 1,8	136 136	54,2 63,6	81,8 72,4	+9,4	0,60 0,53
Серая лесная (А. Т. Барабанов)	1961 Пахота поперек склона То же, гребнистая (2) Микролиманы по Мажарову (2)	3,5 3,1 3	32 33 37	26,6 32,2 34,7	5,4 0,8 2,3	+4,6 +3,1	0,17 0,02 0,06
Серая лесная (А. Т. Барабанов)	1962 Пахота поперек склона То же, гребнистая (2)	1,8 2,6	22 22	6,4 8,3	15,6 13,7	+1,9	0,80 0,62
Серая лесная (А. Т. Барабанов)	1962 Пахота поперек склона (2) То же, гребнистая То же + микролиманы (2)	2,5 1,8 2,5	22 23 22	14,7 19,6 16,8	7,3 3,4 5,2	+3,9 +2,1	0,33 0,15 0,24
Серая лесная (А. Т. Барабанов)	1967 Пахота поперек склона на 22—27 см То же + прерывистое бороздование через 3—4 м	2,7	196	46	150	—	0,76
Серая лесная (А. Т. Барабанов)	1969 Пахота поперек склона (4) То же + бороздование (2)	55 54	33,5 22,7	21,5 31,3	— —10,2	— —	0,39 0,58

		Гребнистая вспашка с двумя укороченными отвалами (2)	62	35,0	-2,5	0,44
		Зябь с лунками (2)	59	38,5	+2,4	0,35
		Пахота поперек склона (5)	191	109	-	0,43
		То же+бороздование (2)	209	121	+1,6	0,42
		Гребнистая вспашка с двумя укороченными отвалами (2)	219	109	-13,9	0,50
		Зябь с лунками (2)	211	119	-1,3	0,44
1970		Пахота поперек склона	106	38,8	67,2	0,64
		То же, гребнистая	124	72,0	+22,8	0,41
		Пахота поперек склона	44	25,1	15,9	0,39
		То же, гребнистая	53	40,5	+6,1	0,24
		Обычная зябь	63	45,7	17,3	0,28
		Зябь+обвалование	44	38,3	+9,1	0,13
1952		Обычная зябь	3,5	111	0	0,75
		Полупаровая обработка	3,5	107	80	0,64
		То же+лункование	3,5	115	+11,5	0,02
		Пахота с прикатыванием	1,9	127	2,9	0,01
		То же+бороздование окучником через 0,7 м	1,9	127	1,6	
		Пахота поперек склона	2,5	124,1	-	
		То же+крестование	2,5	125,4	+1,3	
Чернозем выше- ложеченный, Тру- шин [162]	1953	Пахота поперек склона	44	73,5	-	
Чернозем обыч- енный, Сухар- ев [159]	1954	Пахота поперек склона	53	40,5	+6,1	
То же, Князев [65]	1952	Обычная зябь	0,7	63	-	
	1956	Зябь+обвалование	0,7	38,3	+9,1	
	1958	Обычная зябь	3,5	111	-	
	1962	Полупаровая обработка	3,5	107	-	
	1964	То же+лункование	3,5	115	-	
То же (В. Ф. Агеев)	1964	Пахота с прикатыванием	1,9	127	-	
		То же+бороздование окучником через 0,7 м	1,9	127	-	
Каштановад, Шапошников [179]	1947	Пахота поперек склона	2,5	57	-8,7	0,18
То же (М. Д. Ан- типов, Н. Е. Бо- гунова)	1961	Пахота поперек склона	2,5	46,9	10,1	0,33
		То же+бороздование через 2— 3 м	2	44,3	1,7	0,04
		Пахота поперек склона	2	48,6	0,4	0,01
	1962	То же+бороздование через 3— 4 м	1,7	37	2,7	0,07
		Пахота поперек склона	1,7	38	1,4	0,04

Почва, автор	Год	Число из	Приемы	Средняя крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге (мм)	Продонос в почву (мм)	Сток (мм)	Приведенная разница в стоке (мм)	Коэффициент стока
10 № 6 (шт.) Святого-Каштагано- вая, Коблев [66]	1964		Пахота поперек склона То же + бороздование через 4 м	2	68	66,0	2,0	-0,5	0,03
			Пахота поперек склона То же + крестование через 3 м	2,5	65	62,6	2,4	-0,5	0,04
	1951		Пахота поперек склона То же + крестование через 3 м	2,5	31	9,3	21,7	-	0,70
	1952		Пахота поперек склона То же + крестование	3	36	23,0	13,0	+10,5	0,36
То же (Г. П. Сур- мич)	1961		Пахота поперек склона То же + лункование	7,4	101	96,8	4,2	-	0,04
	1963		Зябь с боронованием То же + бороздование и лун- кование (3)	4	118	110,6	7,4	-2,2	0,06
	1964		Пахота поперек склона (3) То же + бороздование через 3— 4 м (2)	3,1	21	20,9	0,1	-	0,005
То же (А. Т. Ба- рабанов)			Зябь с боронованием То же + бороздование	3,4	21	18,0	2,2	-2,1	0,10
			Зябь с боронованием То же + бороздование	3,9	172	24,7	69,3	-	0,40
			Зябь с боронованием То же + бороздование	3,8	170	30,2	61,8	+7,5	0,36
			Зябь с боронованием То же + бороздование	5,2	66	65,7	0,3	-	0,004
			Зябь с боронованием То же + бороздование	5,3	64	62,5	1,5	-1,3	0,02
	1965		Зябь с боронованием То же + бороздование	5,2	48	38,6	9,6	-	0,20
	1966		Зябь с боронованием То же + бороздование	3,7	49	46,8	2,2	+7,4	0,04
То же (В. П. Бо- реч)	1970		Зябь, полупаровая обработка То же + лункование (ЛОД-10) То же + гребнистая перепашка	3,7	27	16,3	10,7	-	0,40
				3,7	42	27,9	14,1	+1,5	0,34
				3,7	15	7,5	7,5	-	0,49
				3,7	15	8,3	6,7	+0,8	0,44
				3,7	120	95,3	24,7	-	0,21
				3,7	128	113,7	14,3	+11,5	0,11
				3,7	140	134,2	5,8	+19,9	0,04

Примечание. В графе «Приведенная разница в стоке» плюс (+) означает уменьшение, минус (-) — увеличение

уменьшило сток на 10,5 мм; в другие четыре года оно несколько увеличивало сток (на 1,3—4,5 мм), а бороздование заборонованной зяби уменьшало его на 7—7,5 мм, сокращая и коэффициент стока.

На заборонованной зяби из-за более плотной упаковки почвенных агрегатов в верхнем слое впитывающая способность почвы в мерзлом состоянии значительно снижается, поэтому дополнительное уплотнение части поверхности гусеницами вызывает меньшее приращение стока, чем на обычной пахоте, и баланс водозадержания при бороздовании получается положительный. Обращает на себя внимание незначительное сокращение стока вследствие поделки микрорельефа по сравнению с геометрической емкостью борозд с валиками. Мы уже отмечали, что геометрическая емкость микрорельефа сильно отличается от его рабочей емкости в период снеготаяния. Переполнение водой борозды в одном месте и прорыв валика ведет к спуску воды в нижележащую борозду, а затем в следующую и т. д., что в конечном счете резко сокращает их водозадерживающую емкость. Рыхление дна борозды почвоуглубителем способно повысить эффективность бороздования. По наблюдениям С. С. Сдобникова и Н. И. Бакаева [124], в Целиноградской области бороздование зяби также способствовало увеличению стока.

Таким образом, прерывистое и перекрестное бороздование зяби, как правило, не дает ощутимого положительного эффекта в отношении уменьшения стока, хотя в более северных районах влажность почвы в некоторых случаях повышается в связи с увеличением запасов снеговой воды. По свидетельству И. Д. Брауде [17], положительная противоэррозионная роль бороздования выявилась в его опытах, проведенных в 1960 и 1962 гг. на серых лесных почвах в совхозе «Каширский» Московской области.

В настоящее время наиболее широко рекомендуется производству для задержания талых вод лункование зяби. Оно осуществляется различными орудиями, но наибольшим успехом пользуются лункообразователи ЛОД-10 и ЛОД-5. Достоинством этого метода является то, что емкость лунок существенно не меняется в зависимости от направления движения агрегата относительно склона (поперек или под некоторым углом). В опытах А. Т. Барабанова на Новосильской АГЛОС в 1969 и 1970 гг. лункование зяби существенно не уменьшало сток, однако в связи с повышенными снегозапасами в почву просачивалось больше талой воды, чем на контроле. Лункование зяби на светло-каштановых почвах в Волгоградском опытном хозяйстве ВНИАЛМИ в 1960 и 1961 гг. обусловило образование небольшого стока при его отсутствии на контроле. В лунках, как правило, образовывался лед, и во время весеннего снеготаяния талая вода впитывалась слабо. Лункование зяби, проведенное

В. К. Духновым осенью 1960 г. на темно-каштановой суглинистой почве Клетского опорного пункта, не дало ощутимых результатов в отношении прибавки влаги и урожая (сток не изучали). В Целиноградской области лункование выровненной зяби сыграло положительную роль, увеличив влажность почвы и урожай яровой пшеницы на 10,1% [124].

Когда лункование проводят по заборонованной зяби, оно способствует некоторому уменьшению стока. В наших опытах 1963 г., проведенных в опытном хозяйстве ВНИАЛМИ, это сокращение составило 7,5 мм. В учхозе Куйбышевского СХИ, согласно данным А. А. Князева [65], лункование два раза взłużенной и затем заборонованной зяби (полупар) уменьшило сток в 1962 г. (73,5 мм против 80 мм). Стока с обычной зяби в этом году не было. Интересно отметить, что, согласно подсчетам А. А. Князева, геометрическая емкость лунок составляла 30—40 мм, а сток они уменьшили лишь на 6,5 мм.

На основании всего изложенного о гидрологической эффективности искусственного микрорельефа можно заключить, что гребнистая вспашка плугом с двумя укороченными отвалами, лункование и прерывистое бороздование нормальной зяби, а также устройство на ней микролиманов не способствуют или мало способствуют сокращению стока. Сток уменьшается более значительно, если вспашка поперек склона производится четырехкорпусным плугом с одним увеличенным отвалом или без отвала на одном из корпусов (лучше на последнем), в результате чего образуется межгребневое корытообразное понижение.

Малая водозадерживающая эффективность искусственного микрорельефа связана, с одной стороны, с дополнительным уплотнением почвы вследствие повторного ее рыхления, а с другой — с уменьшением мощности рыхлого слоя в лунках и межгребневых бороздах и понижениях, что равносильно уменьшению глубины вспашки. Все это вместе взятое способствует большему образованию льда в лунках и понижениях и уменьшает впитывающую способность мерзлой почвы. Тем не менее благодаря повышенным влагозапасам в снеге и ледяной корке на зяби с искусственным микрорельефом в почву просачивается несколько больше талой воды, чем без него. Позднеосенне лункование и бороздование заборонованной зяби или обрабатываемой в течение лета по типу полупара (в целях очищения полей от сорняков) играет положительную роль в уменьшении стока и эрозии и повышении влажности почвы. Однако их водозадерживающее значение невелико, оно обычно выражается величиной 8—12 мм.

Отметим, что позднеосенняя перепашка полупара (рыхление), особенно гребнистая, обеспечивает большее уменьшение стока (а следовательно, и смыва), чем лункование (табл. 59). На этом основании можно заключить, что в общеагрономическом плане более целесообразно в засушливых условиях для

очищения полей от сорняков вместо полупара провести в послеуборочный период по мере надобности 2—3 лущения, а затем поздней осенью — гребнистую вспашку поперек склона.

В литературе имеется немало данных, свидетельствующих о значительном повышении урожая по зяби с поделкой искусственного микрорельефа [5, 13, 20, 65, 66, 93, 100, 115, 124, 128, 181 и др.]. В разных случаях урожай повышался от 0,5 до 3—4 ц/га и больше. Прибавка урожая отмечалась и в те годы, когда на зяби формировался сток талых вод, и в годы без стока. В тех же литературных источниках приводятся случаи, когда прибавки урожая не было или даже урожай был ниже, чем на контроле. Однако следует отметить, что в указанных работах, как правило, отсутствует анализ причин повышения урожая; подразумевается, что оно связано с дополнительным задержанием талых вод. Проанализировав данные опытной сети ВНИАЛМИ, мы пришли к выводу, что урожай по зяби с искусственным микрорельефом повышается в тех случаях, когда на опытных вариантах накапливается больше снега (особенно в годы с незначительным стоком и без стока); при одинаковых влагозапасах в снеге урожай отличается мало. Таким образом, в условиях степей на первый план выступает снегозадерживающая функция микрорельефа зяби.

Из всего изложенного по данной проблеме вытекает следующее. Наиболее эффективными приемами поверхностного водозадержания являются такие, которые обеспечивают создание одновременно с основной вспашкой первичного микрорельефа значительной емкости, без уплотнения почвы, при достаточной глубине рыхления; мощность рыхлого слоя под лунками, бороздами и прочими понижениями должна составлять около 25—27 см. Для повышения объема водозадержания нужно сконструировать более совершенные орудия и разработать методы создания микрорельефа, которые отвечали бы указанному требованию. Вместе с тем следует иметь в виду, что в принципе микрорельефу зяби принадлежит ограниченная роль в уменьшении стока. К задержанию талых вод на зяби нужно подходить в зональном разрезе, при этом следует исходить из анализа нормы стока (см. табл. 6, 11, 12, 27, 32, 44) и обеспеченности величин, подлежащих задержанию (см. кривые обеспеченности стока, рис. 5, 6, 10, 11, 13).

Как свидетельствуют изложенные выше материалы, в степных районах с черноземными и каштановыми почвами значительный сток с обычной зяби наблюдается в среднем три года в 10-летие. Вспашка поперек склона на 27—30 см (включая среднесмытые почвы) обеспечивает почти полное задержание талых вод в среднем в 7—8 из 10 весен в областях степного Поволжья и юга (Волгоградская, Саратовская, Куйбышевская, отчасти Оренбургская, частично Ростовская). Здесь достаточно проводить обычную вспашку в основном поперек склона на ука-

занную глубину. На участках с сильносмытыми почвами, а также там, где почвы залегают на плотных глинах и глинистых коренных породах, целесообразно применять и специальные приемы водозадержания, наиболее подходящие для данной зоны и района.

На черноземах степного центра, северной степи и частично лесостепи глубокая вспашка обеспечивает достаточное поглощение талых вод в среднем в семи годах из 10. Поэтому здесь лишь на средне- и сильносмытых почвах потребуется глубокая гребнистая вспашка (с почвоуглубителями) или некоторые другие приемы. При ее проведении в косом направлении относительно падения склона, что часто встречается в производственных условиях, она, помимо водозадержания, играет противоэрэзационную роль, отводя непоглощенную талую воду под небольшими углами наклона и тем способствуя уменьшению смыва. На выщелоченных черноземах Центральной лесостепи (Курская, Орловская области), где умеренный и сильный сток с зяби формируется в среднем в шести-семи годах из 10, потребуется более широкое применение водозадерживающих приемов.

Что касается серых лесных почв лесостепи, то наиболее значительное сокращение стока на них возможно в процессе их окультуривания, создания глубокого богатого органическими веществами пахотного горизонта. Приемы водозадержания здесь также могут найти применение. Следует отметить, что в настоящее время на оподзоленных черноземах, серых лесных и на дерново-подзолистых почвах талые воды не могут быть задержаны в такой же степени, как в степях. Может быть, это и нецелесообразно, так как просачивание в почву и грунт всей снеговой воды во все годы способствовало бы усиленному выщелачиванию почвы и выносу в грунтовые воды элементов питания растений. В целях сокращения смыва почв, особенно в северных районах, необходимо, наряду с другими приемами, отработать в производственных условиях специальные меры по спокойному отводу непоглощенной воды.

Применение наклонных водоотводящих борозд позволяет защитить почву от смыва на нижележащих, более круtyх отрезках склона. Противоэрэзационную эффективность водоотводящих борозд изучали пока мало. В наших опытах, проведенных вместе с В. Н. Дьяковым на Новосильской станции в 1958-59 гг., водоотводящие борозды уменьшили смыв почвы на зяби почти в 4,5 раза: выше борозд смыв равнялся 19 м³/га, ниже их 4,3 м³/га [142, 144].

Высокая эффективность водоотводящих борозд выявилась и в опытах, проведенных нами вместе с А. Т. Барабановым в почвозащитном севообороте Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ в 1963—1966 гг. В 1963 г. в январскую оттепель наклонные борозды при расположении их под углом 15—20° к горизонтальным уменьшили смыв в 5—8 раз, а в дальнейшем —

в 2—3 раза. В 1964 г. на склоне 3—5° с водоотводящими бороздами, проведенными под углом 30—40° к горизонталям через 50—70 м, смыв с заборонованной осенью зяби в среднем составил около 0,4 м³/га, на контроле 3 м³/га. Во время ливня борозды уменьшили смыв почвы на участке черного пара в среднем в 5—6 раз (1,7 против 9,5 м³/га). Весной 1965 г. смыв на участке с водоотводящими бороздами уменьшился почти в 5 раз (2 против 9,9 м³/га), а в 1966 г.— в 11,4 раза (0,7 против 8 м³/га). И. Д. Брауде [17] также пришел к выводу о высокой противоэррозионной эффективности наклонных водоотводящих борозд.

Сточную воду можно отводить на берега хорошо задернованных ложбин и лощин, в лесные полосы и в другие места, не подверженные размыву. Вопрос о наиболее оптимальных параметрах водоотводящих борозд в связи с их наивыгоднейшим размещением на различных отрезках склонов подлежит дальнейшему изучению. В настоящее время мы рекомендуем применять их так: на склонах до 3—3,5° борозды нужно располагать на расстоянии 80—100 м друг от друга, при этом выбирать такие направления, чтобы наклон по линии их нарезки не превышал 1—1,5°. На более крутых отрезках склонов этот наклон должен составлять около одной трети крутизны склона (борозды проводятся под углом 30—35° к горизонталям), а расстояния между бороздами нужно уменьшать до 50—70 м. Нарезку лучше производить навесным плугом на тракторе «Беларусь» с оставлением одного корпуса.

В последнее время в районах Юго-Востока РСФСР получила широкое распространение выровненная зябь, уменьшающая потери влаги на испарение и являющаяся мерой очищения полей от сорняков [19, 123, 168 и др.]. Выравнивание осуществляют боронованием в агрегате (если при вспашке не образуется глыб), самостоятельным боронованием, прикатыванием в агрегате кольчатым катком и другими способами. При появлении на зяби сорняков производят по мере необходимости культивации (полупар). Ранее такая система зяблевой обработки разрабатывалась в условиях Донбасса [89]. По данным ряда авторов, урожай по выровненной зяби увеличивается на 2—3 ц/га по сравнению с глыбистой. В засушливых условиях сильноглыбистая пашня в гидрологическом и агрономическом отношениях безусловно хуже, чем нормально разделанная; но при хорошем крошении пласта (когда вспашка производится при оптимальной влажности) боронование и дополнительное уплотнение зяби не всегда может дать положительный результат, особенно на почвах, склонных к заплыванию, например эродированных. Поэтому эффективность выравнивания зяби может быть различной. Система выровненной зяби разрабатывалась и изучалась преимущественно в плакорных условиях, на склонах ее изучали мало.

Выше при характеристике весеннего стока мы приводили его показатели и на выровненной зяби. Изложенные материалы показывают, что во всех зонах выравнивание неизменно вызывает увеличение стока. Он возрастает по мере измельчения и увеличения плотности упаковки почвенных агрегатов, т. е. с увеличением числа обработок. Боронование зяби в наибольшей степени преобразует сложение поверхностного слоя пашни (8—10 см) и уменьшает впитывающую способность почвы в мерзлом состоянии. Напомним основные цифры, характеризующие сток с выровненной зяби.

В 1959 г. вследствие осеннеого боронования зяби в два следа сток на серой лесной почве увеличился на 19,4 мм, а коэффициент стока на 17% (см. табл. 3). В 1958 г. в районе Тимашево (типичный чернозем) боронование зяби в четыре следа повысило сток на 32,1 мм, при этом коэффициент стока увеличился почти в 10 раз (см. табл. 19). В урочище Куйбышевского СХИ (Кинель) полупаровая обработка зяби вызвала в 1962 г. сток в 80 мм, в то время как с обычной зяби его не было (см. табл. 59). На Поволжской АГЛОС осеннеое боронование зяби в два следа обусловило в 1964 г. сток в 43,6 мм при стоке с гребнистой зяби 11,5 мм (коэффициент стока соответственно 0,271 и 0,076), а в 1965 г. повысило его на 12,2 мм (коэффициент стока 0,147) при отсутствии стока на контроле (см. табл. 24).

На каштановых почвах Камышинского пункта в период 1960—1964 гг. сток с заборонованной в два следа зяби повышался от 3,6 до 15,4 мм по сравнению с контролем, а коэффициент стока увеличивался в 3—5 раз и больше. В 1964 г. на площадке, где зябь забороновали в четыре следа, сток равнялся 23,2 мм (на контроле его почти не было), что на 14—17 мм больше по сравнению с площадкой, заборонованной в два следа (см. табл. 31). На светло-каштановых почвах в 1960, 1961 и 1962 гг. при отсутствии стока с обычной зяби осеннеое боронование ее в два следа вызывало сток соответственно 4,1—9,4; 2,4 и 17,8 мм. В 1963 многоводном году оно повысило сток на 31,4 мм, а коэффициент стока на 83%; в 1964 и 1965 гг. боронование обусловило увеличение стока в среднем соответственно на 9,7 и 6,5 мм, а коэффициента стока в 4,3 и 2,8 раза (см. табл. 39, 40 и 42).

Заметим, что указанное приращение стока, за исключением 1963 г. по Камышинскому пункту, имело место при самостоятельном бороновании зяби (спустя некоторое время после вспашки). При ее бороновании в агрегате (в один след) приращение стока меньше, а в маловодные годы его может совсем не быть. В совхозе «Динамо» Волгоградской области прикатывание зяби водоналивным катком (в агрегате) не вызвало существенного увеличения стока: в 1964 г. он увеличился всего на 0,9—1,1 мм, а в 1965 г. его не было и на вариантах с при-

катыванием. В то же время при бороновании в два следа в 1964 г. сток увеличился на 9,2 мм, а в 1965 г. на площадках с боронованием и культивацией на 3,7—4,9 мм (см. табл. 14). Таким образом, ясно, что боронование зяби значительно усиливает сток талых вод, а следовательно, и процессы эрозии: в средние по водности годы, когда на обычной зяби сток вообще не формируется, на заборонованной он составляет 7—10 мм, а в отдельные годы достигает 18 мм; в многоводные годы он бывает еще больше.

В штате Вашингтон на стоковых площадках получены следующие данные [187]: сток с выровненной зяби (ранняя вспашка + боронование и культивация) составил 90,9 мм, с поздней отвальной пахоты 6,7 мм, а при рыхлении почвы глубокорыхлителем с оставлением стерневой мульчи 8,1 мм; смыв почвы равнялся соответственно 7,5 и 0,24 т/га.

Мы пришли к выводу, что на эродированных склоновых землях урожай сельскохозяйственных культур по заборонованной зяби существенно не повышается, а в ряде случаев снижается в связи с потерей некоторой части талой воды на сток, а также вследствие повышенного сдувания снега. В противоэррозионном отношении выровненная зябь, безусловно, хуже, чем обычная. Учитывая все это, целесообразно ограничить применение выровненной (особенно заборонованной) зяби склонами до 1,5°, и осенью здесь нужно проводить лункование. В случае применения полупара (в целях очищения полей от сорняков) осенью нужно производить рыхление плугом без отвалов или с отвалом на одном корпусе, это позволит задержать талые воды и ликвидировать опасность сильной эрозии. Лишь при очень сильной глыбистости пашни в засушливую осень целесообразно более широко проводить выравнивание зяби, одновременно с этим применяя специальные приемы (лункование, водоотводящие борозды и др.).

Щелевание предназначено для задержания стока и уменьшения эрозии преимущественно на сельскохозяйственных угодьях с повышенной уплотненностью почвы: многолетних травах, стерне, озимых, пастбищных и сенокосных угодьях; иногда рекомендуют проводить щелевание и зяби. Мелиоративная роль щелевания состоит в следующем: прорезание почвенных горизонтов на глубину 45—55 см способствует непосредственному переводу снежевых и дождевых вод в зону с пониженной влажностью и слабым промерзанием почвы и увеличению поверхности контакта более водопроницаемой почвы с водой; тем самым оно сильно увеличивает впитывание и просачивание талых и ливневых вод в более глубокие горизонты почвы.

Положительный эффект щелевания выявился в опытах М. С. Цыганова и А. И. Троцкого [171], проведенных на пастбищных угодьях Воронежской области (почва обычный чернозем), В. П. Волкова [27] при щелевании стерни, посевов

люцерны и озимых на темно-каштановых и светло-каштановых почвах Заволжья и других.

Нами гидрологическая и агрономическая эффективность щелевания изучалась на посевах многолетних трав (люцерно-житняковая травосмесь осеннего посева 1959 г.), озимых и на заборонованной зяби. Щелевание проводили осенью при помощи навесного рыхлителя КЗУ-0,3В с узкорыхлящими лапами в агрегате тракторами ДТ-54А или «Беларусь». Расстояния между щелями были приняты 1,2 м (на рыхлитеle оставляли 3 лапы), 0,8 м (4 лапы), а на заборонованной зяби 0,6 м (рыхлитель с 5 лапами); глубина щелей на многолетних травах 28—35 см, на зяби и озимых 32—38 см; ширина по низу 4—5 см, по верху 7—8 см. Тотчас же после прохождения орудия щели очень рыхло заполняются землей, и по обеих сторонам образуются небольшие валики. Свободный объем щелей при расстояниях между ними 0,8 м и среднем объемном весе заполняющей их земли 0,5 г/см³ составляет 120 м³/га, а при расстояниях 1,2 м — 80 м³/га (впитывающая поверхность равняется соответственно 8125—9375 и 5420—6250 м²/га).

Данные по стоку талых вод в связи с щелеванием почвы приведены в табл. 60. Из этой таблицы видно, что щелевание с расстояниями между щелями 1,2 м уменьшило сток с многолетних трав в 1961 г. почти на 7 мм и увеличило водопоглощение на 10,6 мм; при расстояниях между щелями 0,8 м почти вся вода просочилась в почву. Эффективность щелевания трав в 1961-62 г. оказалась более высокой. Уменьшение стока в нижнем ярусе поля по сравнению с верхним связано главным образом с наличием здесь снежного шлейфа от лесополосы, защитившего в условиях зимы 1961-62 г. почву от глубокого промерзания. В 1962-63 г. щелевание трав обусловило сокращение стока на 26,3 мм и значительное уменьшение коэффициента стока (0,332 против 0,483). Показатели просачивания и стока талых вод на заборонованной зяби с щелеванием в 1962 г. были такие же, как и без щелевания. Это объясняется, с одной стороны, уплотнением при щелевании поверхности пашни гусеницами трактора приблизительно на $\frac{1}{3}$ площади, а с другой — неустойчивостью щелей, сделанных в рыхлой почве: их стенки тотчас же обрушаиваются и заполняются мелкоземом почти с такой же плотностью, какую имеет пашня; щели, заполненной рыхлой почвой, не получается. В 1963 г. положительное влияние щелевания заборонованной зяби выявилось слабо (см. табл. 40). Эффективность щелевания озимых в 1961-62 г. оказалась также очень незначительной.

В 1962 г. представилась возможность провести наблюдения за влиянием осеннего щелевания многолетних трав на сток ливневых вод. 4 июля выпал ливень, при котором слой осадков составил 19,4 мм. На площадке с щелеванием слой стока составил 2,54 мм (коэффициент стока 0,133), а на контроле 5 мм

Таблица 60

Влияние щелевания светло-каштановых почв на сток талых вод

Агротехнический фон	Крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1961 г. Сумма осадков холодного периода 100 мм					
Травы 2-го года пользования (почва супесчаная), контроль	6,3	18	4,2	13,1	0,73/0,13
То же+щелевание через 1,2 м	6	21	14,8	6,2	0,30/0,06
То же+щелевание через 0,8 м (почва песчаная)	4,4	21	20,1	0,9	0,04/0,01

Агротехнический фон	Крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1962 г. Сумма осадков холодного периода 190 мм					
Травы 3-го года пользования (почва песчаная)	4,1	78	42,2	35,8	0,46/0,19
То же+щелевание через 1,2 м	4,4	81	79,5	1,5	0,02/0,01
Травосмесь (почва супесчаная)	6,3	83	61,1	21,9	0,26/0,12
То же+щелевание через 0,8 м	6	98	98	0	0
Озимая рожь (почва среднесуглинистая)	6	73	34,3	38,7	0,53/0,20
То же+щелевание пара через 0,8 м перед посевом	6,2	64	30,8	33,2	0,52/0,17
То же+щелевание через 1,2 м по всходам	6,2	67	32,9	34,1	0,51/0,18
Зябь с боронованием в два следа	3,5	70	52,2	17,8	0,25/0,09
То же+щелевание через 0,6 м	3,5	74	55,1	18,9	0,26/0,10

Агротехнический фон	Крутизна склона (град.)	Запас воды в снеге + осадки (мм)	Просочилось в почву (мм)	Сток (мм)	Коэффициент стока
1963 г. Сумма осадков холодного периода 167—169 мм					
Травосмесь 4-го года пользования (почва супесчаная)	6,3	169	61,3	81,7	0,48
То же+щелевание с расстоянием 0,8 м	6,3	167	85,6	55,4	0,33

(коэффициент стока 0,263), т. е. почти в два раза больше. Смыв был незначительный. Таким образом, щелевание способствовало лучшему просачиванию в почву ливневых осадков и сокращению стока. В 1961 г. щелевание способствовало повышению урожая многолетних трав в среднем на 2,7 ц/га при урожае на контроле 16,9 ц/га (песчаная почва) и 33,4 ц/га (супесчаная и легкосуглинистая почва), а в 1962 влажном году оно несколько уменьшило его, что связано главным образом с повреждением травостоя при щелевании и некоторым уменьшением его плотности. Щелевание участка с озимой рожью не повлияло на ее урожай, он равнялся 18,5—19,0 ц/га.

В последнее время стали изучать гидрологическую эффективность приема щелевания озимых и зяби по замерзшей на 8—12 см почве [3]. В 1969 и 1971 гг. В. П. Борец провел опыты по щелеванию многолетних трав и озимых в Волгоградском опытном хозяйстве ВНИАЛМИ (светло-каштановые почвы) с одновременным снегозадержанием при помощи кулис из подсолнечника и горчицы. Щелевание проводили на глубину 45—50 см при помощи переоборудованного плоскореза-глубокорыхлителя КПГ-250, на раму которого устанавливали специальные ножи-щелерезы. В 1969-70 г. при щелевании многолетних трав лентами из двух щелей с расстояниями между щелями в ленте 1,1 м и между лентами 2 м сток уменьшился на 21,6 мм (19,9 против 41,5 мм), а смыв вдвое (1,7 против 3,6 м³/га). При совместном применении кулис из горчицы или подсолнечника и щелевания в почву просочилось на 37—48 мм воды больше, чем на контроле; при этом смыв почвы сократился на 3,3—7,9 м³/га. Все это способствовало повышению урожая озимой пшеницы на 1,8—3,0 ц/га (при урожае на контроле 19,2 ц/га), сена люцерны на 4,4—7,1 ц/га и житняка на 3,4—4,0 ц/га при урожае на контроле соответственно 28,1 и 10,0 ц/га. В 1970-71 г. щелевание озимых уменьшило сток с 32,8 до 26,3 мм (коэффициент стока 0,39 и 0,29), а щелевание с кулисами — с 42,8 мм (коэффициент стока 0,36) до 23,6 мм (коэффициент стока 0,22). При этом смыв почвы уменьшился на 12%.

Резюмируя изложенное, можно сказать, что эффективность щелевания определяется главным образом агрофоном полей, а также глубиной щелей и гидрометеорологическими условиями года. Так, при щелевании угодий, где почва имеет плотное сложение (многолетние травы), получаются положительные результаты в отношении сокращения стока, а при рыхлой незамерзшей почве (зяблевая пахота, озимые) щелевание практически безрезультатно.

На травах, помимо непосредственного сокращения объема стока, щелевание сильно уменьшает или исключает (до момента заполнения щелей льдом) возможность образования ледяной корки и сохраняет на более высоком уровне впитывающую способность почвы между щелями.

При щелевании зяби устойчивой щели не образуется, и та-
кая вода почти не затекает в них, а просачивается по капилля-
рам, как и на прилегающей площади. Кроме того, поверхность
рыхлой пашни при щелевании уплотняется гусеницами трактора,
что обусловливает увеличение стока. Приблизительно такая же
картина имеет место и при щелевании озимых, только проявля-
ется она в несколько ослабленной форме (вследствие большей
уплотненности почвы); поэтому сток на них немного уменьша-
ется. Щелевание озимых (а также зяби в северных районах)
по мерзлой почве намного повышает результивность этого
приема. В целом прием нуждается в совершенствовании, осо-
бенно в совершенствовании орудий-щелевателей.

Специфические меры борьбы с ливневой эрозией

В естественных условиях при выпадении летних осадков
впитывание воды в почву склонов обычно происходит при ча-
стичном затоплении поверхности, что снижает интенсивность ин-
фильтрации. Реальная величина инфильтрации при отсутствии
защитного растительного или иного покрова обычно 1,5—3 раза
меньше максимальной, выявляющейся при сплошном затоплении
поверхности, причем она сильно варьирует в зависимости от
этой последней и от влажности почвы [137]. Поэтому, несмотря
на большое превышение показателей водопроницаемости почвы
над интенсивностью ливней (в 1,5—3 раза и больше), на скло-
нах формируется ливневый сток, не говоря уже о случаях,
когда интенсивность ливней равна или больше этих показате-
лей. Величина реальной водопроницаемости данной почвы оп-
ределяется выраженной нано- и микрорельефом и степенью
рыхлости ее поверхностного слоя, густотой травостоя или стеб-
лестоя, наличием на поверхности мульчи (соломистый или иной
войлок, лесная подстилка, щебенка и проч.). При их выраженно-
сти или наличии обеспечивается увеличение площади сплошного
контакта почвы с водой или даже сплошное ее затопление,
и реальное водопоглощение по своему значению приближается
к максимальному или совпадает с ним.

Густой растительный покров и мульчирование способствуют
тому, что крутизна склона теряет свое значение и не влияет
на увеличение стока, так как в этом случае полностью реали-
зуется максимальная инфильтрационная способность почвы.
В специальных экспериментах на светло-каштановых почвах
установлено [15], что на склоне 4 и 6° на делянках, куда внесли
азотные и фосфорные удобрения и где лучше раскустился яч-
мень, коэффициент стока уменьшился соответственно в 1,4 (0,24
против 0,34) и 1,7 (0,27 и 0,45) раза, а смыв почвы в 4 (0,98
и 3,96 т/га) и 1,9 (3,44 и 6,53 т/га) раза по сравнению с конт-
ролем. Таким образом, внесение в почву минеральных удобре-
ний, обеспечивая повышение урожая, в то же время позволяет
лучше использовать атмосферные осадки. На почвах с хорошей

водопрочной структурой наличие рыхлого слоя мощностью 6—8 см обеспечивает более полное поглощение осадков, а на почвах, склонных к заплыванию, рыхлый слой функционирует недолго и их впитывающая способность быстро падает; это приводит к быстрому формированию стока и усилиению смыва.

Интенсивность и продолжительность дождя и размер капель также влияют на скорость впитывания воды: с увеличением интенсивности осадков возрастает одновременно водопоглощение и сток, но со временем скорость просачивания (коэффициент фильтрации) стабилизируется, а сток еще больше возрастает. При одинаковых по интенсивности дождях, выпадающих на незащищенную почву, впитывание воды происходит тем быстрее, а сток тем меньше, чем мельче капли дождя, и наоборот, при крупнокапельных дождях потери воды на сток резко возрастают. В первом случае обеспечивается лучшая сохранность почвенных агрегатов и увеличивается площадь контакта воды с почвой, а во втором вследствие сильного механического действия капель происходит разрушение агрегатов и заплывание поверхности почвы, ведущее к отрицательным последствиям. Наземный покров гасит энергию капель и распыляет их, что обеспечивает уменьшение потерь осадков на сток.

Коэффициент стока может варьировать в зависимости от агрофона полей, влажности почвы, интенсивности и продолжительности дождя в широких пределах, обычно же при средних и сильных ливнях он колеблется от 0,10—0,15 до 0,30. Ливневый сток в 5—8 мм за короткое время при слабой защищенности полей способен вызвать сильные разрушения почвенного покрова.

Учитывая вышеизложенное, целесообразно применять для задержания ливневых вод, уменьшения смыва и повышения влажности почвы следующие агрономические мероприятия. Культивацию черных паров (где они применяются) нужно проводить своевременно поперек склона, не допуская образования поверхностной корки и перерастания сорняков, которые иссушают почву. Для предотвращения сильной эрозии в ливнеопасный период нужно после каждой культивации проводить через 50—100 м (в зависимости от уклона) наклонные водоотводящие борозды. На пропашных культурах нужно создавать водоудерживающий микрорельеф, который бы являлся постоянно действующим фактором впитывания осадков. Например, поделка поперек склона борозд в междуурядьях кукурузы при одновременном окучивании рядков обеспечивает задержание и поглощение ливневых осадков, уменьшает или прекращает сток и эрозию. При этом, как показали специальные опыты в совхозе «Динамо» Волгоградской области (В. Ф. Агеев), значительно сокращается засоренность посевов вследствие засыпания сорняков в рядах и повышается урожай. Однако при сильном иссушении почвы стандартные окучники работают неудовлетвори-

тельно. В настоящее время эта проблема в условиях производства может быть частично решена путем изготовления специальных окучников привариванием к лапам культиватора (например, КРН-4, 2) отвальчиков правого и левого действия, которые работают вполне удовлетворительно [148]. Удобрение зерновых культур и трав способствует задержанию и поглощению осадков на месте их выпадения, уменьшению смыва почвы и более экономному расходованию влаги.

В районах, где часто выпадают ливни (Молдавская ССР, Украинская ССР), для уменьшения эрозии на склонах М. Н. Заславский [51], А. С. Скородумов [129] и другие рекомендуют применять буферные полосы на чистых парах и пропашных культурах, а также полосное земледелие. Буферные полосы на пару создают осенью посевом озимых: вико-ржи и других смесей бобово-злаковых культур. На них высевают также ранней весной яровые: вику, чину, горох, вико-овсянную и другие смеси, а из поздних яровых — кукурузу, сорго, сунанку. При создании буферных полос из многолетних трав последние высевают под покров предшественника черного пара, и подъем пара производят на пространстве между буферными полосами, а распашку этих полос осуществляют на второй год приблизительно за месяц до посева озимых. Ширину буферных полос устанавливают в зависимости от крутизны склона; например, на склоне 6—8° ее принимают в 6—10 м с расстояниями между полосами 40—50 м. На буферных парах, согласно данным [51], намного уменьшается смыв почвы; кроме того, здесь получают дополнительную продукцию для животноводства.

Полосное земледелие применяется в основном в двух модификациях: 1) полосы однолетних культур чередуются с полосами многолетних трав, при этом достигается наибольший противоэрэозионный эффект; 2) чередуются полосы из густопокровных культур, например озимых и пропашных. Следует отметить, что полосное размещение посевов создает значительные трудности организационного характера и в нашей стране указанные мероприятия не получили широкого распространения.

Мульчирование почвы имеет большое гидрологическое и противоэрэозионное значение: мульча намного увеличивает интенсивность впитывания осадков, уменьшает сток талых и особенно ливневых вод и эрозию, резко сокращает физическое испарение, повышает влажность почвы и урожай. В нашей стране мульчирование испытывалось многими исследователями, в результате выявлена его положительная роль [132]. Недавно на Новосильской АГЛОС приступили к изучению гидрологической, противоэрэозионной и агротехнической роли мульчирования. В 1972 г. мульча из соломы (10 т/га) обусловила уменьшение стока талых вод с зяби с 13 до 5 мм, а коэффициент стока — с 0,225 до 0,079 (А. Т. Барабанов). Создание на полях (особенно на склонах) постоянного слоя мульчи за счет

всевозможных растительных остатков, как это широко практикуется, например, в США, имело бы большое значение в деле преодоления засухи и защиты почв от эрозии. Однако осуществление этого мероприятия глубоко затрагивает основы земледелия, так как требует обработки почвы без оборота пласта и применения других методов. Новая система земледелия может быть применена в будущем.

Культура многолетних трав в целях защиты почв от эрозии и повышения продуктивности кормовых угодий

При построении системы противоэрэозионных мероприятий нужно применять меры по улучшению кормовых угодий на эродированных присетевых землях и защите их от эрозии. Большие работы по лугомелиорации проведены Новосильской АГЛОС и ВНИАЛМИ, а также другими научными учреждениями. Исследования по культуре многолетних трав на весьма сильносмытых серых лесных почвах Новосильская станция начала с 1928 г., но в первые годы опыты проводились без удобрений и оказались неудачными. В дальнейшем Я. В. Корневым был в основном установлен ассортимент многолетних трав и бобово-злаковых травосмесей, выявлена очень высокая эффективность удобрений, вносимых под травы. Данные урожайности, заимствованные из работы [6], помещены в табл. 61. Наиболее урожайной оказалась травосмесь клевера с тимофеевкой. Подкормка азотом весной повышала урожай на 15—29 ц/га, т. е. больше, чем в два раза. Под защитой лесных насаждений урожай многолетних трав за ряд лет был на 18% выше, чем на открытой площади.

Таблица 61

Влияние удобрений на урожайность многолетних трав (сено) (ц/га)

Травосмесь	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.	1938 г.	Сумма урожая за 5 лет
Клевер 65% + костер безостый 35%	44,1	19,7	44,4	31,5	21,6	161,3
Клевер 65% + овсяница луговая 35%	54,4	16,6	59,5	18,1	19,0	167,3
Клевер 65% + тимофеевка 35%	60,7	18,9	50,0	28,7	24,0	182,3
Клевер 25% + костер 15% + тимофеевка 30% + овсяница луговая 30%	44,5	14,8	46,8	29,5	21,0	156,5

Примечание. Почва — серая лесная. Весной 1934 г. под перепашку внесли полное минеральное удобрение.

Работы Новосильской опытной станции по травосеянию возобновились в 1948 г., и результаты исследований за период до 1954 г. обобщены Г. Я. Бронзовой [18]. Учитывая предшествующий опыт исследователей и новые данные, Г. Я. Бронзова отмечает, что все злаковые и бобовые травы лучше растут на окультуренных и хуже на неокультуренных сильносмытых почвах. На вновь осваиваемых площадях наибольший урожай дает травосмесь из костра безостого, тимофеевки луговой и клевера красного; однако клевер на 3-й и 4-й год выпадает из травостоя, поэтому в травосмесь вводят также и люцерну. Средний за четыре года урожай травосмеси с клевером равнялся без удобрения 26,7 ц/га, а с удобрением 45,2 ц/га сена против 6—8 ц/га сена полевично-разнотравной растительности.

При залужении уже окультуренных эродированных присетевых участков и при посевах трав в полях почвозащитных севооборотов Бронзова рекомендует следующие травосмеси: 1) костер безостый + тимофеевка + клевер; 2) костер + тимофеевка + клевер + люцерна; 3) костер + овсяница + тимофеевка + клевер + люцерна; 4) тимофеевка + люцерна. Средний за шесть лет урожай первой травосмеси на северном склоне составлял без удобрения 41 ц/га, а с внесением удобрения под вспашку и применением азотной подкормки — 54 ц/га сена. Урожай третьей травосмеси с внесением удобрений в среднем за четыре года равнялся 47,8 ц/га, а четвертой (на поле почвозащитного севооборота) 60,3 ц/га. Урожай естественной мятликово-разнотравной растительности составлял 10—12 ц/га сена.

Многолетние травы, как и другие сельскохозяйственные культуры, при их выращивании на сильноэродированных серых лесных почвах нуждаются прежде всего в азотном удобрении. Бронзова пришла к выводу, что наиболее ценным органическим удобрением на весьма сильносмытых брововых землях является навоз, который обеспечивает растения всеми необходимыми элементами питания и улучшает физические свойства почвы. Действие навоза на сильно и весьма сильносмытых почвах продолжается 2—3 года, на среднесмытых — 4 года. После этого для получения высокого урожая трав вносят подкормку азотом.

В опыте Т. Г. Глыбина с коренным улучшением травостоя, проведенном в 1956—1959 гг. на серой лесной средне- и сильносмытой почвах (травосмесь: костер безостый + тимофеевка луговая + клевер луговой), средний за 1957—1959 гг. урожай сена составил по навозу (30 т/га) 63,2 ц/га, по фону с полным минеральным удобрением $N_{60}P_{30}K_{30}$ (под вспашку) 62,3 ц/га, по фону с $N_{30}P_{30}K_{30}$ 59,4 ц/га и с N_{45} 56,3 ц/га. Кроме минеральных туков, в трех последних вариантах, начиная с весны 1957 г., ежегодно вносили подкормку азотом (по 45 кг действующего вещества). Урожай на контроле (посев травосмеси без удобрения) равнялся 39,0 ц/га, а на естественном злаково-разнотравном лугу 9,0 ц/га. Таким образом, распашка старой залежи и посев многолетних

трав обеспечили резкое повышение продуктивности участка: средняя за три года прибавка урожая без удобрения составила здесь 30 ц/га; она обусловлена разложением органической массы, накопившейся в дернине. Несмотря на довольно высокий урожай на контроле, эффективность удобрений выявилась весьма отчетливо.

Аналогичная работа выполнялась и в «кольматирующих клетках», представляющих собой присетевые сильносмытые и размытые, некогда бросовые участки, окаймленные со всех сторон узкими из 2—3 рядов лесными полосами. Эти клетки стали создавать на станции в 1929 г., а уже в 1933 г. Я. В. Корнев отмечал их благотворное влияние на урожай. Весной 1958 г. Т. Г. Глыбин заложил опыт по коренному улучшению травостоя в клетках; крутизна склона 5° (в прошлом это бросовый сильноэродированный участок). До закладки опыта здесь господствовали представители разнотравья. Теперь здесь посеяли травосмесь из костра безостого, тимофеевки луговой, клевера лугового и люцерны посевной (25% + 25% + 25% + 25%). Начиная со второго года жизни трав ежегодно в конце апреля или в начале мая вносили подкормку азотом из расчета 130 кг аммиачной селитры на 1 га. Подкормку вносили также на контрольные делянки в кольматирующих клетках и вне клеток. Данные урожая приводятся в табл. 62.

Таблица 62

Урожай многолетних трав в кольматирующих клетках при коренном улучшении луга и без него (ц/га)

Варианты опыта	1959 г.	1960 г.	1961 г.	1962 г.	Среднее за 4 года
Коренное улучшение	88,1	62,4	70,0	83,1	75,9
Контроль	40,0	26,8	29,2	39,6	34,0
Контроль вне клеток	18,9	8,3	11,6	20,4	14,8

Они прежде всего свидетельствуют о большом мелиоративном влиянии лесных полос, окаймляющих кольматирующие клетки: средний за четыре года урожай в клетках был на 19,2 ц/га выше, чем на открытом участке. На увеличение урожая оказало влияние также поднявшееся плодородие почвы вследствие кольматажа в клетках продуктов смыва с вышележащих участков склона. Улучшение состава травостоя при коренном улучшении в сочетании с удобрением и мелиоративным влиянием лесных полос обеспечили очень высокую прибавку урожая — в среднем за четыре года 41,9 ц/га.

Заслуживают внимания и способы поверхностного улучшения суходольных лугов, которые совершенствовались на Новосильской станции Т. Г. Глыбиным [34]. Опыты проводились

в кольматирующих клетках и вне клеток. Повышение продуктивности естественного луга достигалось двумя способами: 1) улучшением состава травостоя путем подсева бобово-злаковой травосмеси и внесения азотной подкормки из расчета 45 кг/га действующего вещества и 2) внесением лишь азотной подкормки, что также способствовало улучшению состава травостоя и продуктивности луга. Подсевались овсяница луговая, ежа сборная, клевер луговой и люцерна синегибридная. При улучшении по первому способу средний за три года (1958—1960) урожай трав составил 46,1 ц/га, а по второму способу 38,7 ц/га против 34 ц/га на контроле. В результате проведенных мероприятий ботанический состав травостоя значительно улучшился благодаря увеличению массы злаков и сокращению разнотравья. Масса бобовых также несколько уменьшилась; подсев бобовых положительных результатов не дал, они подавляются злаками. На контроле вне кольматирующих клеток урожай в эти годы равнялся в среднем 16,1 ц/га.

Таким образом, новые материалы Новосильской станции подтверждают ранее сделанные выводы о весьма высокой эффективности удобрений, вносимых под культуру многолетних трав на эродированных почвах. Вместе с тем следует подчеркнуть, что если в начале 30-х годов посевы трав без удобрений на бедных бросовых землях не удавались, то в последние 10 лет в результате того, что эти земли длительное время находились под залежью, коренное улучшение травостоя в ряде случаев и без удобрений дает хорошие результаты; лишь после 2—3 лет произрастания сеянных трав требуется азотная подкормка. Процессы эрозии на присетевых землях, находящихся под залужением, прекратились.

2. Лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия

Мелиоративная роль противоэрозионных насаждений

Лесные насаждения являются неотъемлемым элементом противоэрозионного комплекса, без них невозможно строить эффективную систему противоэрозионной защиты. Систему лесонасаждений образуют следующие виды посадок:

а) лесные полосы на сельскохозяйственных полях — полезащитные, включающие полезащитно-водорегулирующие (расположены поперек склона) и полезащитно-ветроломные (расположены поперек наиболее вредоносных ветров вне связи с рельефом), придорожные (аллейные и снегосборные), присетевые (прибалочные или прибрежные и приовражные, частично они размещаются на пастбищных угодьях присетевой зоны);

б) полосные, куртинные и колковые насаждения на гидрографической сети — по крутым сильноэродированным берегам лощин, суходолов, долин, по откосам и днищам оврагов и другим ее элементам.

Система противоэрозионных насаждений дополняется садо-защитными, озеленительными, прифермовыми и другими видами посадок. В районах с выраженным рельефом на долю противоэрозионных, особенно водорегулирующих лесополос, приходится большая часть всех посадок.

Мелиоративная роль лесонасаждений разнообразна. Они ослабляют силу ветра и улучшают микроклимат полей, способствуют снегозадержанию и препятствуют сдуванию снега в гидрографическую сеть, задерживают и регулируют сток талых и ливневых вод, преобразуют в лучшую сторону гидрологический режим территории и повышают влажность полей, защищают почву от смыва и размыва, а также от дефляции. Под защитой насаждений повышается эффективность агрономических мероприятий и приемов (почвозащитные севообороты, травосеяние, удобрения и др.), возрастает урожайность всех сельскохозяйственных культур и увеличивается их почвозащитная роль. Остановимся на различных мелиоративных функциях насаждений (влияние на микроклимат здесь не рассматривается).

Снежный покров играет громадную роль в земледелии. В виде снега выпадает около 30—35% осадков, которые при благоприятных условиях водопоглощения создают значительные запасы продуктивной влаги в почве и обеспечивают формирование высокого урожая. Сдувание снега с полей представляет собой ничем не восполнимую потерю осадков и обуславливает усиление засухи и снижение урожаев. В районах Центральной лесостепи наиболее снегосдуваемыми являются склоны южной, юго-восточной и восточной экспозиций, теряющие до 50% снега, однако и другие склоны теряют не намного меньше. Так, на Новосильской АГЛОС в период 1966—1969 гг. на западном склоне без лесополос средняя мощность снежного покрова составляла 32 см, на том же склоне с узкими снегораспределительными лесополосами при расстояниях между ними 200 м она равнялась 35 см, а при ширине полос через 100 м — 63 см (Е. А. Гаршинев).

В районах Поволжья снегозадерживающая роль системы лесных полос не менее важна. На Поволжской АГЛОС Куйбышевской области средняя мощность снежного покрова на открытых полях в период 1964—1970 гг. была 26 см, в то время как на полях севооборота с лесными полосами через 500 м — 40 см, через 250 м — 46 см и через 120—180 м — 52—55 см. При расстоянии между лесополосами 250 м запасы снеговой воды на полях составляли 96% влагозапасов в лесу, при расстоянии между ними 500 м — соответственно 82%, а на открытой водораздельной площади лишь 53% (В. И. Панов). Таким образом, с открытых полей сдувается около 47% снега.

На каштановых почвах под Камышином мощность снежного покрова в 1966—1970 гг. на открытых полях варьировала по годам в пределах 35—64% мощности в лесу (А. В. Котов). На

Клетском опорном пункте при размещении лесополос на склоне через 50—100—200 м одна от другой высота снежного покрова в тот же период была в 1,8—3 раза больше, чем на склоне без лесных полос (В. К. Духнов). С увеличением расчлененности территории вероятность сдувания снега возрастает.

Однако на территории с лесополосами снег распределяется недостаточно равномерно: в лесных полосах его накапливается в 2,5—4 раза, а на шлейфах в 2—2,5 раза больше, чем на межполосной площади. Скопление больших сугробов снега в лесных полосах — явление отрицательное, так как оно сопровождается повышенным изъятием снега с полей, а также потерей снеговой воды на сток. Оптимальная мощность снежного покрова в водорегулирующих полосах более северных районов степи и в лесостепи должна составлять около 70—85 см, южных и юго-восточных (с почвами каштанового типа) — 55—65 см; в прибалочных и приовражных полосах она должна быть соответственно не более 100—110 и 70—80 см [152]. Проводя рубки ухода и совершенствуя конструкцию лесополос, нужно стремиться к достижению оптимального снегоотложения на территории с лесополосами.

Важная роль в благоприятном распределении снега на полях принадлежит правильному размещению лесных полос в рельефе. Водорегулирующие лесополосы (а также прибалочные) препятствуют сдуванию снега в гидрографическую сеть и больше задерживают его на полях, а во время снеготаяния частично возвращают талую воду полям. Полосы, ориентированные вдоль склона, изымают снег из снежно-ветрового потока, имеющего направление приблизительно параллельно основному стволу гидрографической сети, при изменении же направления потока в сторону этого ствола они практически не работают. Кроме того, в случае больших скоплений снега в таких полосах талая вода во время снеготаяния концентрированно сбрасывается вдоль них и размывает склоны и берега гидрографической сети. Поэтому вспомогательные лесополосы должны быть узкими и не должны накапливать в себе много снега.

Естественные и искусственные куртинные и массивные насаждения на гидрографической сети и в присетевой зоне, дополняющие систему мелиоративных лесных полос на территории, также играют очень важную роль в отложении снега на полях. Около таких насаждений вверх по склону формируется довольно длинный снежный шлейф, оказывающий многообразное мелиорирующее влияние на склоновые земли.

Задержание насаждениями и поглощение сточных вод, поступающих с вышележащих полей, обусловливается, с одной стороны, степенью распыления стока и характером вступления воды в насаждение, определяющим более или менее равномерное покрытие ею почвы, а с другой — инфильтрационной способностью почвы. Очень большая роль принадлежит рыхлой

лесной подстилке, которая сохраняет на высоком уровне максимальную водопроницаемость лесной почвы, предохраняя поры и полости от обрушивания, засорения и заилиения [190], и обеспечивает высокую интенсивность реальной инфильтрации [137].

Исследованиями установлено [31, 152, 160, 169], что в период снеготаяния в лесополосах в среднем просачивается талой воды: на серых лесных почвах около 326 мм (до 425 мм), на черноземах около 346 мм (до 500 мм), на светло-каштановых почвах около 240 мм (до 430 мм). Однако этого недостаточно для эффективного зарегулирования стока, так как в них в средние по водности годы, например при слое стока с поляй 50 мм, вступает около 1000—1250 мм и больше талой воды, не считая собственных влагозапасов в снеге. Поэтому и при наличии системы лесных полос в пределах допустимой облесенности процессы эрозии будут протекать с опасной интенсивностью. Нужно создать условия для более интенсивного поглощения сточных вод в лесополосах, что возможно лишь в условиях сплошного затопления поверхности водой. Радикальное уменьшение стока и эрозии может быть достигнуто путем широкого сочетания сети лесонасаждений с простейшими гидroteхническими устройствами: обвалованием лесных полос по нижней опушке, а еще лучше — созданием прерывистой канавы в нижнем междуурядье с валом на опушке, устройством водозадерживающих валов на ложбинах по нижней, а в некоторых случаях и по верхней опушкам лесополос [31, 152].

Осредненные показатели водопоглощения в лесонасаждениях с простейшими гидroteхническими устройствами и без них и стока с полевых и комбинированных площадок на серых лесных, черноземных и светло-каштановых почвах представлены в табл. 63 (данные Г. П. Сурмача, Е. А. Гаршинева, В. И. Панова). Из этой таблицы видно, что на серых лесных почвах средняя за 1964—1970 гг. величина водопоглощения составляет около 375 мм, а если брать в расчет только многоводные годы, когда талые воды поступали с поля в лес, то 430 мм. В 1970 г. водопоглощение в полосе леса с канавой составило 891 мм против 383 мм на контроле. В лесной ленте просочилось в среднем за период около 193 и 197 мм, а в ленте с задерновавшейся канавой (ширина по верху 1,5 м, по низу 0,6 м, емкость около $1,1 \text{ м}^3$ на 1 м протяженности) около 2101 и 2954 мм, что в расчете на 10-метровую ширину дает 315 и 443 мм. Канава в лесной полосе способна работать намного эффективнее, особенно с органическим наполнителем (солома, ветки и проч.), защищающим почву от промерзания.

На обыкновенных черноземах Заволжья величина водопоглощения в лесных полосах без обвалования в многоводные годы указанного периода равнялась в среднем 478 мм, а с обвалованием 709 мм, при этом сток с поля в первом случае уменьшился с 50,6 до 28,6 мм, а во втором до 3 мм; на светло-каш-

Таблица 63
Показатели водопоглощения в лесных полосах W и стока с полевых Y и комбинированных Y_1 площадок (мм)

Вид и возраст насаждений и гидротехнические устройства	Показатель	1964 г.	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.	1969 г.	1970 г.	Средние	
									за период	за много-водные годы
Полосы березового леса (12,27 и 44 м) посадки 1931 г.	Y	57,0	78,8	0,7	145	0,5	46,7	108	62,4	87,1
	Y_1	43,7	25,4	0	42,1	0	46,5	80,3	34,6	48,1
	W	345	390	249	993	222	40	383	375	430
Березовый лес (12 м) + канава глубиной 0,7 м	Y	—	—	—	—	—	—	108	55,9	—
	Y_1	—	—	—	—	—	—	891	—	—
	W	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Лесная лента из дуба шириной 1 м посева 1926 г.	Y	11,9	31,3	0	65,8	12,0	—	—	24,2	36,3
	Y_1	11,5	30,8	0	40,6	12,0	—	—	19,0	27,6
	W	159	182	241	300	132	—	—	193	197
Та же лента+старая траншея шириной 1,5 м	Y	14,9	40,8	0	71,1	14,2	—	—	28,2	42,3
	Y_1	0	2,8	0	37,5	0,9	—	—	8,2	13,4
	W	2257	5465	241	1140	1400	—	—	2101	2954
Чернозем обыкновенный (Поволжская АГЛОС)										
Лесные полосы шириной 12 и 17 м посадки 1952 г.	Y	—	77,0	35,9	9,3	30,7	3,0	54,5	35,1	50,6
	Y_1	—	39,4	19,1	7,0	21,3	0,9	34,5	20,4	28,6
	W	—	423	425	198	655	223	403	388	478
То же, с обвалованием	Y	—	77,0	35,9	9,3	30,7	3,0	54,5	35,1	50,6
	Y_1	—	0	2,5	1,2	1,6	0	8,0	2,2	3,0
	W	—	595	565	250	980	235	694	553	709
Светло-каштановые почвы (Волгоградское опытное хозяйство ВНИИЛМИ)										
Лесная полоса шириной 12 м посадки 1948 г.	Y	—	24,0	7,0	0,2	28,5	2,8	22,9	14,2	27,5
	Y_1	—	22,9	0	0	2,2	2,8	22,9	8,5	16,0
	W	—	158	232	385	737	57	295	311	397
То же, с обвалованием	Y	—	24,0	7,0	0,2	28,5	2,8	22,9	14,2	27,5
	Y_1	—	0	0	0	0,2	0	11,7	2,0	4,0
	W	—	702	232	386	775	112	522	455	666

Примечание. Величина водопоглощения рассчитывается по формуле (7).

тановых почвах, где величины водопоглощения составляли соответственно 397 и 666 мм, сток уменьшился с 27,5 до 16,0 и 4,0 мм. Средние показатели водопоглощения в лесополосах с обвалованием и канавами значительно занижены в связи с недостаточным поступлением в них воды с поля (из-за сравнительно небольшой длины площадок). На некоторых объектах водопоглощение достигало 1200—1250 мм. Если принять среднесуточную интенсивность просачивания воды в канаве 0,3 мм/мин (как это было на серой лесной почве в 1965 г.) и среднесуточное водопоглощение в лесополосе шириной 20 м с канавой в 105—110 мм, а за период снеготаяния (10—12 дней) 1050 мм, то при наличии системы правильно размещенных лесных полос с канавами и валами на водосборной площади будет задерживаться около 50—60 мм талой и значительная часть ливневой воды (расчеты приводятся ниже).

Совмещение водорегулирующих и в ряде случаев прибалочных лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами производится в таком порядке. На склонах малой крутизны ($\text{до } 2^\circ$) вал по нижней опушке напахивается 2-кратным проходом плантажного плуга, причем пласт отваливается к полосе, а на более крутых склонах он устраивается путем надвигания бульдозером предварительно взрыхленной земли. Прерывистая канава в нижнем междурядье устраивается при помощи траншеекопателей (УКАП-ЦНИС, ТКУ-0,9, а также ЭТИ-123, ЭТУ-353 и др.) или экскаватора на тракторе «Беларусь». Приопушечные валы на ложбинах насыпаются бульдозером, при этом устраивается водообход для сброса избытка воды. Рабочая высота напахиваемых валов около 0,4—0,5 м, насыпаемых бульдозером — 0,8—1,0 м, глубина канавы 1,2—1,5 м, ширина 0,9 м, высота сопряженного с нею вала 0,6—0,7 м. На склонах круче $2,5—3^\circ$, где зона сплошного затопления перед валом сужается, целесообразно дополнительно напахивать вал в середине лесной полосы. Для этого, а также во избежание значительного подтопления верхней приопушечной части поля при обваловании лесополос нужно рассчитывать ширину полосы затопления l перед валом, используя выражение:

$$l = h/i, \quad (11)$$

где h — рабочая высота вала, i — уклон. В обвалованных лесополосах, пересекающих под некоторым углом горизонтали, для лучшего водопоглощения целесообразно насыпать через 40—80 м и более (в зависимости от бокового уклона) поперечные перемычки, образующие секции (рис. 19). Длину перемычки l' можно рассчитать по формуле

$$l' = (h - 0,1)/i. \quad (12)$$

Противоэрозионная роль естественных и искусственных лесонасаждений достаточно полно охарактеризована [7, 10, 29, 70,

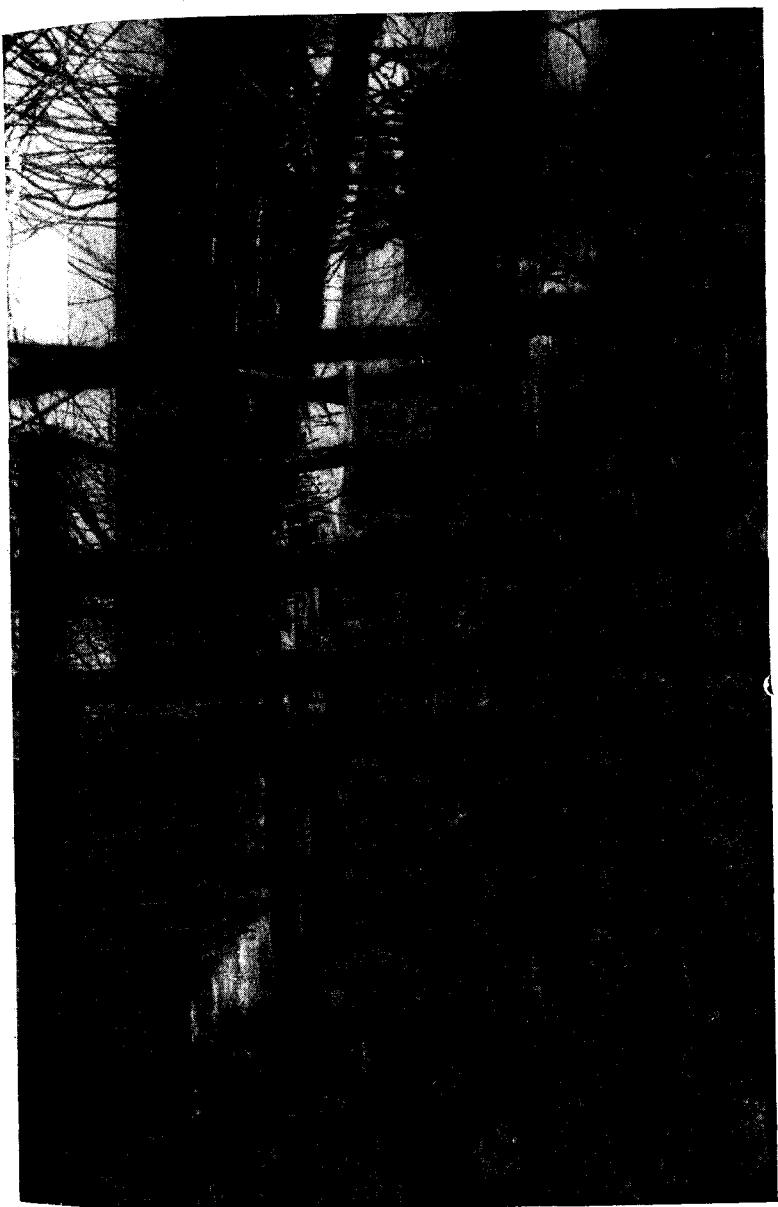


Рис. 19. Задержание талых вод в лесополосе, обвалованной по нижней опушке (с секциями). Волгоградское опытное хозяйство ВНИАЛМИ.

71, 101, 152, 169, 190 и др.]. Здесь отметим лишь, что противоэрозионное действие обвалованной лесной полосы увеличивается в 3—4 раза, особенно когда она расположена поперек склона с ложбинами. Система лесополос с обвалованием действует значительно более эффективно, чем единичные полосы. Примером этому может служить почвозащитный севооборот Волгоградского опытного хозяйства ВНИАЛМИ (см. рис. 12), где процессы смыва и размыва почв резко уменьшились.

Наиболее полно противоэрозионное действие лесных полос проявляется при их сочетании с залужением на подверженных сильной эрозии присетевых землях. Как уже отмечалось, под защитой лесонасаждений значительно повышается урожай многолетних трав, они образуют хорошую дернину и скрепляют почву корнями, защищают ее от смыва и размыва. Снежный покров повышенной мощности и густой травяной покров способствуют кольматажу почвенных частиц и повышению плодородия смытой почвы.

На способность лесных полос обеспечивать повышение уровня грунтовых вод впервые обратил внимание В. В. Докучаев [45], а позднее этому вопросу уделили много внимания Г. Н. Высоцкий [28] и другие исследователи. Подъем грунтовых вод в оазисах с лесными полосами и их передвижение в сторону полей изучали в Каменной степи Воронежской области [10], в Тимашево Куйбышевской области [4], на Новосильской АГЛОС и в других пунктах.

Как мы видели, в лесополосах с обвалованием в почву и грунт просачивается намного больше снеговой воды, чем в необвалованных, поэтому влияние таких полос на грунтовые воды намного сильнее. Важно то, что это происходит главным образом за счет уменьшения поверхностного стока. Исследованиями на Новосильской АГЛОС установлено, что на склоне с водоудерживающими валами, построенными в 1929—1932 гг. с расстояниями 80—160 м, формируется устойчивая верховодка, или верхний горизонт грунтовой воды [152].

Образование устойчивой верховодки, или верхнего горизонта грунтовой воды, обусловливается, с одной стороны, увеличенным поступлением воды в почвогрунт в местах избыточного увлажнения, а с другой — наличием относительных водоупоров, препятствующих быстрому просачиванию воды вглубь. Создание сети лесных полос с простейшими гидротехническими устройствами будет способствовать в зависимости от особенностей гидрогеологии либо повышению уровня основного горизонта грунтовых вод, которое может сопровождаться появлением более или менее устойчивой верховодки, либо образованию нового верхнего их горизонта. При большой мощности однородной лесовой толщи и глубоком залегании водоупора поднимается и уровень грунтовых вод, но их капиллярная кайма обычно находится ниже корнеобитаемого слоя растений. Чем меньше мощ-

ность указанного слоя и ближе водоупорные слои или про-
слойки, тем быстрее формируется верхний горизонт грунтовой
воды, или верховодка, и вода может быть частично использована
сельскохозяйственными растениями.

Принципы противоэррозионной организации территории и размещение лесонасаждений

Правильная противоэррозионная организация территории представляет собой важнейший этап в построении системы противоэррозионной защиты. Для резкого ослабления или прекращения эрозии требуется комплекс противоэррозионных мероприятий и воздействий на всей водосборной площади, который обеспечивал бы, с одной стороны, эффективное зарегулирование поверхностного стока и прекращение эрозии, а с другой — правильное хозяйственное использование земель и повышение производительности всех сельскохозяйственных угодий, особенно подверженных сильной эрозии. Очень важно правильно распределить и применить в соответствии с природными особенностями каждого участка различные элементы противоэррозионного комплекса в их органической увязке. В этом залог хорошего мелиоративного действия и высокой экономической эффективности комплекса.

В основе противоэррозионной организации территории должны лежать классификация земель по их использованию и выделение на карте эрозионных земельных фондов — элементов водосборной площади, подверженных в различной степени смыву и размыву.

Согласно классификации А. С. Козменко [71], выделяются следующие земельные фонды: приводораздельный, включающий ровные участки и пологие склоны (на серых лесных почвах до $2,5-3,5^{\circ}$, на черноземах и каштановых почвах до $3,5-4^{\circ}$), присетевой, охватывающий нижние отрезки склонов преимущественно выпуклой формы (присетевые земли) крутизной до $8-10^{\circ}$, и гидрографический — берега и днища гидрографической сети. Земли приводораздельного фонда характеризуются слабой и умеренной смываемостью и используются в полевых севооборотах, средне- и сильносмытые и размытые земли присетевого фонда используются в почвозащитном севообороте и частично под залужением (улучшенные сенокосы и пастбища), берега и днища гидрографической сети — как сенокосные и пастбищные угодья и частично под лесом. Поля севооборотов длинными сторонами располагаются поперек склона, а на склонах с разносторонним падением — приблизительно вдоль горизонталей.

Приведем примерные схемы почвозащитных севооборотов для районов Центрально-черноземной области с учетом рекомендаций Новосильской АГЛОС и С. И. Сильвестрова [126] и для Поволжья.

№

I

II

1. Яровые с подсевом трав.
2. Травы на сено.
3. Травы на сено.
4. Травы на сено.
5. Травы (пастбище).
6. Озимые.
7. Зернобобовые.

1. Пар занятый сидеральный (люпин).
2. Озимые.
3. Яровые с подсевом трав.
4. Травы на сено.
5. Травы на сено.
6. Травы на сено.
7. Озимые.
8. Яровые с подсевом люпина.

-

-

-

Поволжье

На черноземах и темно-каштановых почвах

- | | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1—3. Многолетние травы (травосмесь бобовых и злаковых). 4. Яровые (пшеница). 5. Овсяно-бобовая смесь. 6. Яровые с подсевом трав. | <ol style="list-style-type: none"> 1—4. Многолетние травы. 5. Просо. 6. Яровые (пшеница, ячмень). 7. Овсяно-бобовая смесь с подсевом трав. |
|---|--|

-

-

-

На каштановых и светло-каштановых почвах

- 1—4. Многолетние травы.
5. Просо.
6. Ячмень.
7. Беспокровный посев трав по зяби или черному пару.

Схемы противоэрозионной организации территории и размещения лесных насаждений показаны на рис. 20.

Размещение защитных насаждений на территории, особенно защитных лесных полос на сельскохозяйственных угодьях, является наиболее важной и ответственной частью работ по противоэрозионной организации территории и вообще при создании системы противоэрозионной защиты. Лесные полосы представляют собою долговременные биологические «сооружения», и от правильного размещения зависит их мелиоративная и противоэрозионная эффективность и степень уменьшения ими напряженности эрозионных процессов. В то же время они являются очень важным организующим началом в системе противоэрозионной защиты территории, определяя направление обработки почвы. Сеть лесополос представляет собой как бы каркас, с которым органически увязываются все другие элементы противоэрозионного комплекса (рис. 20). Поэтому работы по размещению лесных полос должны предшествовать окончательной нарезке полей севооборотов или проводиться параллельно.

Наиболее полно водорегулирующее и противоэрозионное влияние лесных полос проявляется, когда они расположены перпендикулярно линиям стока (по контуру) и сточная вода входит в них рассеянно. Поэтому на склонах с односторонним падением (имеющих ложбины и без них) основные лесополосы должны проходить поперек склона прямолинейно, а на склонах с разносторонним падением (водосборы рассеивающего типа) — криволинейно, приблизительно по контуру со спрямлением на

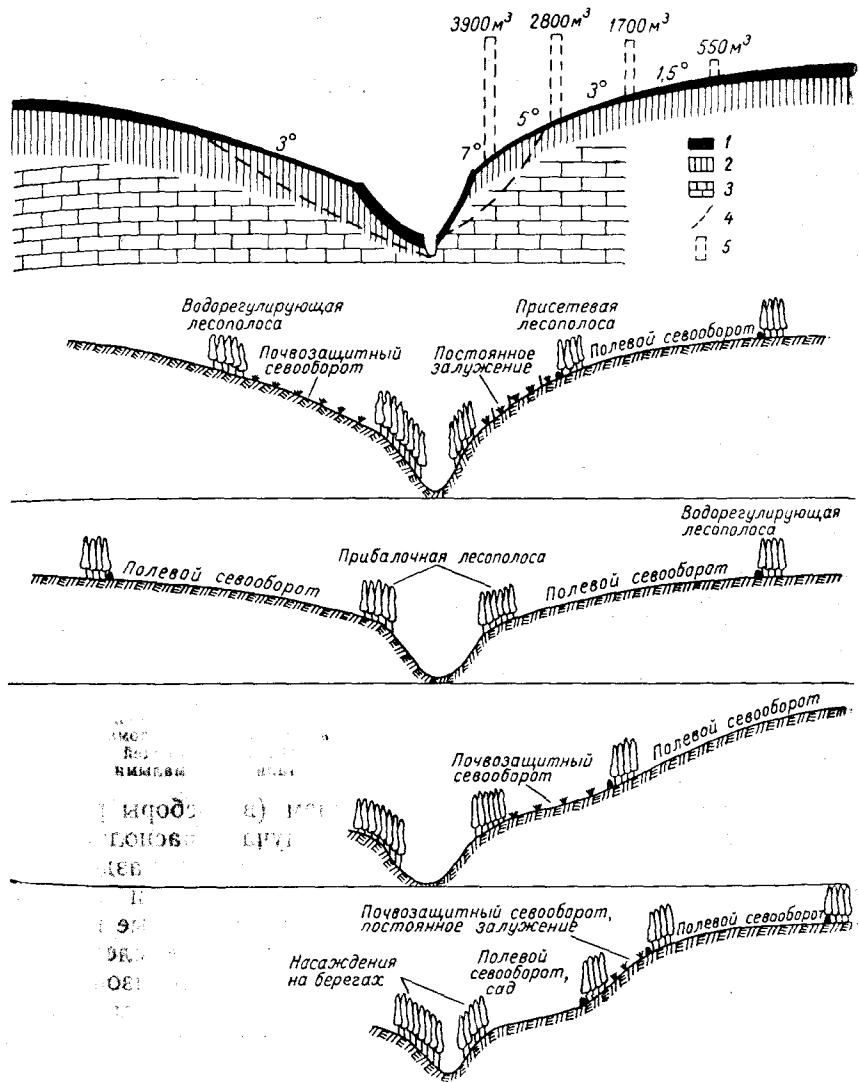


Рис. 20. Схемы противоэрозионной организации территории и размещения лесонасаждений (схемы автора).

1 — почва, 2 — лёссовидные отложения, 3 — коренные породы, 4 — профиль берегового размыва, 5 — исторический смыв почвы.

СИММЕР
ИК АГРОКОМПАКТ

ложбинах. Такая система лесных полос способна эффективно защищать поля при ветрах разных направлений, и ее защитное действие не снижается.

При неправильном расположении основных лесных полос они способствуют усилению поверхностного стока и возникновению новых промоин и оврагов. Как отмечалось выше, сток ливневых и особенно талых вод мало зависит от уклона, и если не задержать воду на приводораздельной площади с малыми уклонами при помощи лесополос и другими способами, то она стекает вниз все увеличивающейся массой, производя смык и размык почв, и уже не может быть в необходимой степени задержана нижележащими лесными полосами.

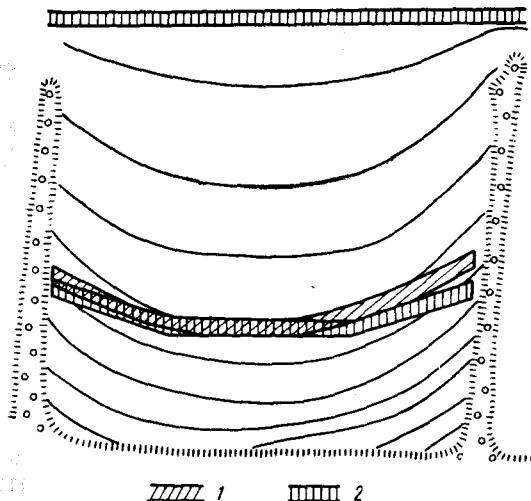


Рис. 21. Расположение водорегулирующей лесной полосы на рассеивающем водосборе с равномерным падением склонов.

1 — криволинейное положение лесополосы, пересекающей горизонтали под малыми углами; 2 — положение полосы в виде ломаной ленты, пересекающей горизонтали под малыми углами.

На склонах с разносторонним падением (водосборы рассеивающего типа) может быть несколько случаев расположения водорегулирующих лесных полос. Когда приводораздельная площадь водосбора имеет значительную ширину и склоны равномерно падают по всем трем направлениям, лесные полосы должны располагаться вдоль горизонталей при спрямлении на ложбинах или проходить приблизительно вдоль горизонталей, но с некоторым постепенно нарастающим разгибанием концевых участков с тем, чтобы углы пересечения ими горизонталей не превышали 15—20° (рис. 21).

На водосборах рассеивающего типа с более крутым падением боковых склонов каждая водорегулирующая лесная полоса должна состоять из трех отрезков: двух прямолинейных, расположенных на боковых склонах, и третьего (переднего) криволинейного, проходящего приблизительно вдоль горизонталей (рис. 22).

На водосборе с двусторонним падением асимметричных склонов водопоглощающая полоса может состоять из двух прямо-

линейных отрезков, расположенных под некоторым, как правило, тупым углом и проходящих приблизительно вдоль горизонталей; в случае необходимости ее отрезкам можно придавать на том или ином участке полуизгиб (рис. 23). Возможны и другие варианты расположения и взаимного причленения водорегулирующих лесных полос.

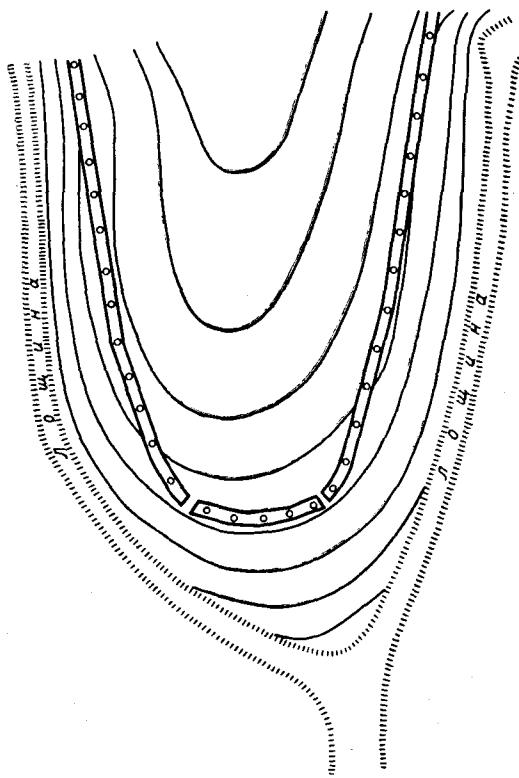


Рис. 22. Расположение водорегулирующих лесных полос на рассеивающем водосборе с неравномерным падением склонов; полосы образуют подобие буквы П.

В ряде случаев на узких водоразделах проектируют водораздельную полезащитную полосу и вдоль нее прокладывают профилированную дорогу. Благодаря наличию седловин такая лесополоса то поднимается вверх по склону, то опускается вниз, способствуя концентрированному сбросу снежевых вод на участках седловин и усилиению смыва и размыва почв. Кроме того, вследствие наличия здесь лесополосы водорегулирующие полосы на боковых склонах относятся далеко вниз или совсем не проектируются. На указанных водоразделах нецелесообразно создавать лесную полосу, а нужно запроектировать на противо-

лежащих склонах по одной водорегулирующей полосе, которые будут оказывать мелиорирующее влияние и на водораздельную территорию. В некоторых случаях вдоль дороги оправдано создание 1—2-рядной аллеи.

На склонах вогнутой формы, у которых верхняя часть используется под сенокос или пастбище, а нижележащая — в полевом севообороте, верхняя водорегулирующая лесная полоса



Рис. 23. Прямолинейное с изломом положение лесных полос на участке водосбора рассеивающего типа.

щественно длинные склоны выпуклой формы, падающие на юг, юго-восток, юго-запад) очень важно для защиты почв от дальнейшего размыва и смыва и повышения их продуктивности создать в присетевой зоне лесолугомелиоративный пояс. Схематически он может состоять из полосы залужения шириной около 50—100 м и двух окаймляющих присетевых лесных полос — верхней, по границе с пашней, и нижней — прибровочной; ширина лесополос в этом случае будет около 9—15 м (верхняя уже, нижняя шире). Размоины и овраги в присетевой зоне предварительно засыпаются бульдозером и здесь производится коренное улучшение травостоя.

Изображение

Если существует опасность возобновления размыва оврагов после их выполаживания, то для защиты эрозионноопасных участков предусматривается возведение водозадерживающих и водоотводящих валов; лишь после их устройства приступают к выполаживанию и засыпке размывов, залужению и созданию лесных полос. При частой расчлененности присетевой зоны короткими отвершками, переходящими в ложбины, нижняя прибрювочная полоса будет прерывистой и будет состоять из отдельных изогнутых отрезков, ограничивающих участки залужения с трех сторон (рис. 24). Если участки берега между отвершками проектируются под сплошное облесение, то прибрювочная лесополоса не требуется, так как ее роль будет выполнена лесом, расположенным на берегу сети.

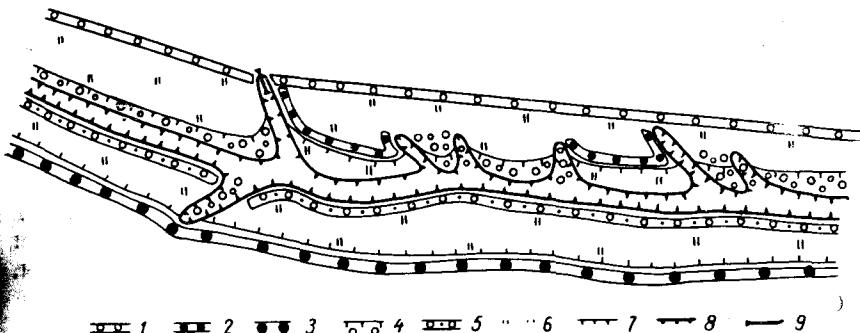


Рис. 24. Присетевые и береговые насаждения.

1 — верхняя присетевая лесополоса, 2 — нижняя присетевая (прибрювочная) лесополоса, 3 — прибалочная (прибрювочная) лесополоса, 4 — насаждение на остатках берегов гидро-графической сети, 5 — лесополоса в нижней части берега вдоль донного оврага (прибрювочная), 6 — участки залужения, 7 — бровка суходола, 8 — бровка донного размыва, 9 — быстроток.

Вдоль крупных оврагов (размытые ложбины), не проектируемых к засыпке и выполаживанию, нужно создавать продольные прибрювочные (односторонние или двусторонние) лесополосы, замыкающие участки залужения. Две присетевые лесные полосы (или насаждение на берегу сети и верхняя присетевая полоса) с заключенной между ними широкой полосой залужения образуют мощный почвозащитный пояс против смыва и размыва. Верхняя лесная полоса (на границе с пашней) подлежит обвалованию.

При меньшем проявлении процессов эрозии почвозащитная роль лесолугового пояса на присетевых землях может выполняться полями почвозащитного севооборота, окаймленными лесонасаждениями.

Когда граница пашни проходит близко от бровки или приымкает к ней, а лощинно-суходольная сеть используется под сенокос и пастбище, вдоль бровки проектируется прибрювочная (прибалочная) лесная полоса шириной 15—21 м. Прибалочная

лесополоса не проектируется в следующих случаях: а) если на берегах гидрографической сети имеется естественный (байрачный) лес; б) если берега сети или крутоскилоны отводятся под сплошное или полосное облесение и в ближайшее время на них может быть создан лес; в) если склон к тальвегу того или иного звена гидрографической сети падает постепенно и берега не выражены, полоса заменяется водорегулирующей.

Противоэрзационные насаждения на гидрографической сети проектируются с учетом степени выраженности берегового и донного размыва, выраженности оползневых явлений и состояния почвенного покрова берегов. При редкой изрезанности берегов оврагами и при отсутствии или слабой выраженности донного размыва и не сильной смытости почв берегов облесению подлежат преимущественно береговые размывы. Вдоль них, включая и надбровочную часть полевого склона, проектируется с одной стороны лесополоса с расчетом, чтобы она отеняла инсолируемый откос размыва. Ее назначение — мелиорировать вместе с прибалочной лесополосой прилежащие пастбищные и сенокосные угодья на гидрографической сети и в присетевой зоне и способствовать облесению или заренению оврагов.

При умеренной изрезанности берегов и умеренном донном размыве вдоль береговых оврагов проектируются лесополосы, а по размывам (включая донные) — куртинные посадки. Суходольная гидрографическая сеть используется в этом случае в основном под сенокос и пастбище. На длинных относительно пологих берегах преимущественно северной экспозиции целесообразно проектировать вблизи донного размыва узкую 2—3-рядную полосу.

При сильной изрезанности берегов присетевой зоны оврагами и при умеренном донном размыве сильноэродированные участки отводятся под сплошное облесение. При сильной выраженности берегового и особенно донного размыва и подмыва, вызывающего осыпание и сползание почв берегов и появление неразвитых почв, а также при развитии оползневых явлений, приводящих к деформированию поверхности берегов, оба берега или один из них (подываемый при выраженной асимметрии) отводятся под сплошное облесение. По широким слабозадернованным днищам лощин и суходолов, по которым происходит вынос мелкозема на террасу или пойму, а также в реки и водоемы, нужно проектировать илофильтры, причем в ряде случаев их целесообразно сочетать с донными запрудами, особенно когда днища каменистые. Конусы выноса на пойме также подлежат облесению. В связи с различной эродированностью разных элементов одной и той же суходольной системы куртины или полосы леса должны чередоваться с участками суходольного луга. Гидрографическая сеть может быть облесена на площади от 5—10 до 30% и больше.

Определение оптимальных расстояний между водорегулирующими (водопоглощающими) и прибалочными лесополосами в различных почвенно-климатических условиях является очень важной стороной их правильного размещения на территории. Этот вопрос взаимосвязан с вопросом о ширине лесополос. Попытки расчета ширины водорегулирующих полос и расстояний между ними предпринимались многими исследователями. Предложен ряд формул, выражающих математическую связь между различными параметрами: интенсивностью водоотдачи из снега или слоем (модулем) стока, впитывающей способностью почвы в лесополосе, длиной (в некоторых случаях и крутизной) склона и расчетной шириной лесной полосы. Это формулы Г. А. Харитонова, Д. Л. Арманда, Г. П. Сурмача, И. П. Сухарева и других [152]. Однако только совершенствованием расчетов нельзя достигнуть нужных положительных в мелиоративном отношении результатов, так как водопоглощающая способность насаждений недостаточна для эффективного зарегулирования стока и требуется совмещение лесополос с простейшими гидротехническими устройствами.

В настоящее время нужно ориентироваться на создание целого лесогидротехнического комплекса (система лесных полос при их совмещении с указанными устройствами), который обеспечивал бы задержание на водосборной площади около 50—60 мм сточной талой воды и ливневых вод при интенсивности ливня около 1—1,3 мм/мин. Учитывая высокую противоэрозионную эффективность лесных полос с канавами и валами, более благоприятное распределение снега узкими полосами по сравнению с широкими и хозяйственными соображениями, целесообразно ограничить наибольшую ширину лесных полос 30 м; обычно же она должна находиться в пределах 12—21 м, а на залужаемых участках присетевой зоны, где создаются две лесополосы на сближенном расстоянии, — 9—15 м. При расчетах расстояний между лесными полосами нужно исходить из заданной их ширины.¹

Расчет можно вести по следующим формулам [152]:

$$L = \frac{b(W - H)}{y}, \quad (13)$$

$$L = \frac{bt(p - x_1) + 1000Q - x_1t}{axt}, \quad (14)$$

где L — расстояние между полосами или длина линий стока (м); b — ширина лесной полосы (м); W — суммарное водопоглощение в лесной полосе с канавой и валом (мм); H — влагозапасы в снеге лесной полосы (мм); y — слой стока талых вод

¹ См. также И. Б. Циприс. К методике расчета взаимодействия приземного потока воздуха с лесной полезащитной полосой.—«Докл. ВАСХНИЛ», 1973, № 2.—Прим. ред.

с полей данной обеспеченности, на задержание которого ведется расчет; x — интенсивность ливня, на которую ведется расчет, или интенсивность водоотдачи из снега в поле (мм/мин); x_1 — интенсивность водоотдачи в лесной полосе (мм/мин), причем $x > x_1$, так как снег в поле тает с большей интенсивностью, чем в это же время в лесной полосе (для ливня $x = x_1$); t — продолжительность дождя или стока талых вод (мин); p — средняя для лесополосы интенсивность впитывания воды (мм/мин); a — общий коэффициент стока; Q — суммарный объем задержания воды канавой и валом. Находится из выражения:

ре
сп
сл

$$Q = Q_k + \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{i} - 1 \right), \quad (15)$$

где Q_k — объем канавы на 1 пог. м длины; h — рабочая высота вала; i — уклон в лесной полосе.

Пример расчета расстояний между лесополосами на задержание ливневого стока. Условия: крутизна склона 3° ($i=0,052$), ширина лесополосы 20 м, объем канавы на 1 пог. м длины $Q_k=1,1$ м³, рабочая высота вала $h=0,6$ м, интенсивность ливня $x=1,3$ мм/мин, продолжительность 1 ч (сумма осадков 78 мм), водопроницаемость почвы в лесополосе в условиях затопления 2 мм/мин, средний коэффициент стока 0,25. Подставив в формулы соответствующие значения, получим:

ре
сп
сл

$$Q = 1,1 + \frac{0,6^2}{2} \left(\frac{1}{0,052} - 1 \right) = 4,38 \text{ м}^3,$$

до
в
по
об
пур

$$L = \frac{20 \cdot 60 (2 - 1,3) + 1000 \cdot 4,38 - 1,3 \cdot 60}{0,25 \cdot 1,3 \cdot 60} = \frac{840 + 4380 - 78}{19,5} = 264 \text{ м.}$$

Расстояния между водорегулирующими полосами при принятой их ширине в пределах 12—21 м на приводораздельной части длинного склона с изменяющейся крутизной от 0,5 до 2° принимаются приблизительно такие же, как и для полезащитных полос (400—500 м на серых лесных и черноземных почвах и 300—350 м на каштановых), а на нижележащей его части с изменяющейся крутизной от 2 до 4° они не должны превышать: на серых лесных почвах и оподзоленных черноземах лесостепи 250—300 м, на выщелоченных, обыкновенных и южных черноземах 300—350 м, на каштановых почвах 200—250 м; на склонах $4—6^\circ$ эти расстояния уменьшаются до 150—200 м. Водорегулирующие полосы, расположенные в верхней приводораздельной части склона, должны иметь продуваемую или ажурно-продуваемую конструкцию, а в нижней части склона — ажурную. Ширина вспомогательных лесополос чисто ветроломного назначения, проектируемых вдоль склона, не должна превышать 6—9 м (2—3 ряда).

Следует подчеркнуть, что задержание на водосборной площади системой лесополос с простейшими гидротехническими устройствами 50—60 мм сточной талой воды и большей части ливневого стока при одновременном применении агротехниче-

ских и лугомелиоративных мероприятий имело бы очень большое гидрологическое и противоэрозионное значение и позволило бы в основном решить проблему борьбы с эрозией и в значительной степени с засухой.

Для создания в эродированных районах эффективной системы мелиоративных насаждений потребуется занять под насаждения около 3,5—4% территории, в том числе около 2—2,5% пашни.

Простейшие гидротехнические сооружения и устройства

К простейшим гидротехническим сооружениям и устройствам, создающимся самостоятельно вне лесных насаждений или с последующим их облесением, относятся водопоглощающие канавы с валами, валы с широким основанием (валы-террасы), водозадерживающие и водоотводящие валы у вершин оврагов, различные распылители стока, террасы, вершинные и донные сооружения. Очень важно правильно использовать указанные гидротехнические сооружения и устройства, чтобы их положение на склоне наилучшим образом отвечало конкретным условиям и они работали с наибольшей эффективностью. Необходима строгая связка простейших гидротехнических устройств с сетью водорегулирующих лесополос и другими насаждениями.

Водопоглощающие канавы с валами на склонах впервые в нашей стране созданы на Новосильской опытной станции (под непосредственным руководством А. С. Козменко) в период 1928—1932 гг. Они расположены на склоне южной экспозиции с расстояниями от 80 до 160 м и охватывают водосбор площадью 72,5 га. Высота вала 0,9 м, ширина по верху 0,4 м, глубина канавы перед валом 1,2 м. Валы расположены по горизонтальным, но в отдельных случаях на ложбинах проведены прямолинейно, в связи с чем их высота здесь увеличивается до 1,6 м. Рабочая высота вала 0,66 м, ширина прудка перед валом 20—25 м; 1 пог. м канавы и вала способен задерживать 7,25—7,85 м³ воды, или 50—80 мм. Система валов оборудована водоотводами и водосбросами — хорошо заложенными выемками-ложбинами, проходящими вдоль склона.

В первые годы валы прорывались, и их приходилось ремонтировать. В 1946 г. за некоторыми валами посадили лесные полосы из тополя бальзамического шириной 10—20 м (в настоящее время высота деревьев достигает 10—12 м). Водопоглощающие канавы с валами в сочетании с облесением оврагов обеспечили практически полное прекращение эрозии на указанном водосборе. В результате исследований [152] мы пришли к выводу, что в аналогичных условиях при проектировании водозадерживающих канав и валов расстояния между ними можно увеличить примерно в 2 раза, располагая их через 200—300 м.

Водопоглощающие канавы с валами на склонах типа новосильских и в настоящее время могут в некоторых случаях найти

применение, когда нужно быстро прекратить оврагообразование и смыв почв на сильноэродированных склонах. Однако в обычных условиях нет необходимости в применении канав указанного типа. Более целесообразно строить систему водорегулирующих лесных полос при непременном их совмещении с простейшими гидротехническими устройствами — прерывистой канавой и валом на нижней опушке, как описано выше.

В последнее время Всесоюзным научно-исследовательским институтом виноградарства и виноделия (ВНИИВиВ) под руководством Я. И. Потапенко [113] предложена «контурно-полосная организация территории» в сочетании с малыми водопоглощающими канавами (с органическими наполнителями), сопряженными с полувалами с широким основанием (устраиваются при помощи плантажного плуга), которые располагаются по контуру на границах между полосами. Рекомендуемая для испытания ширина контурных полос варьирует в широких пределах; например, для южных районов Ростовской области от 470 м (крутизна склона $0,5^\circ$) до 25 м (крутизна склона $9-10^\circ$), а для северных соответственно от 310 до 20 м. Расстояние между соседними канавами по вертикали составляет в южных районах области 4,2 м, в центральных 3,8 м и северных 2,8 м [105]. Это и легло в основу расчета расстояний между ними на склоне. Предполагается, что в этих случаях будет задержан поверхностный сток 10%-ной обеспеченности (в южных районах ливневый, в центральных и северных — снеговой). После устройства водопоглощающих канав с валами на склоне около них рекомендуется создавать через определенные расстояния лесные полосы так, чтобы канава находилась внутри полосы.

Указанная контурно-полосная организация территории и водопоглощающих канав может способствовать значительному уменьшению поверхностного стока и сокращению эрозии и в целом заслуживает положительной оценки. Однако при этом требуется обоснование гидрологических расчетов и расстояний между канавами.

На кривых обеспеченности (см. рис. 5, 6, 10, 13) видно, что сток 10%-ной обеспеченности составляет большие величины, особенно с уплотненной пашни. Например, на светло-каштановых почвах Волгоградской области сток с зяби равен 32 мм, а с уплотненной пашни — 75 мм. Водопоглощение в канавах в летний сезон может варьировать в широких пределах; средняя скорость просачивания воды в них сравнительно легко может быть определена экспериментально. Однако для определения водопоглощения и средней скорости впитывания снеговой воды в канавах требуется кропотливая работа с применением метода стоковых площадок. В опытной сети ВНИАЛМИ получены следующие показатели водопоглощения в открытых канавах: на серых лесных суглинистых почвах Новосильской АГЛОС Орловской области в старой траншее с осыпавшимися стенками около

0,3 мм/мин (почва практически талая), в свежих канавах около 0,1 мм/мин, на глинистом черноземе Поволжской АГЛОС Куйбышевской области 0,05 мм/мин (в свежей канаве с талой почвой), на светло-каштановых легкосуглинистых почвах под Волгоградом около 0,16 мм/мин. В свежих канавах, где почвогрунт слабо проработан почвенной фауной, водопоглощение намного слабее, чем в старых. Следует иметь в виду, что коэффициент фильтрации для суглинистых лёссов в летний сезон равен 0,4—0,5 мм/мин, а, например, для сыртовых глин Заволжья 0,2—0,3 мм/мин или меньше.

Расстояние между канавами можно рассчитать по предлагающей формуле (расчет ведется для полосы склона шириной 1 м):

$$L = \frac{klt + k'l't' + Q}{y}, \quad (16)$$

где L — расстояние между канавами (м); l — ширина канавы по верху (фронт просачивания) (м); l' — ширина полосы затопления выше канавы (м); k — средняя скорость впитывания воды в канаве (м/мин); k' — то же, в полосе затопления выше канавы (м/мин); t — время от начала заполнения канавы водой до прекращения стока (мин); t' — продолжительность затопления полосы выше канавы (мин); y — слой стока заданной обеспеченности, на который ведется расчет (м); Q — объем водозадержания канавой (емкость канавы) и валом (м^3) [определеняется по формуле (15)]; h — рабочая высота вала (м); i — уклон; l' находится из выражения

$$l' = h/i - l. \quad (17)$$

Какой же слой стока может быть задержан канавами при расстояниях между ними 100 м? Ведя расчет по формуле (16), получим, что при коэффициенте водопоглощения в канаве 0,1 мм/мин и в зоне затопления выше канавы 0,01 мм/мин за 10 суток снеготаяния этот слой на склоне крутизной 1° (при $h=0,1$ м) составит 29,6 мм, а на отрезке склона 3° (при $h=0,2$ м) — около 29 мм; в расчете на 5 суток снеготаяния слой водозадержания будет равен 18,2 мм. Эти цифры согласуются и с нашими экспериментальными данными.

Однако не во все годы канавы будут работать достаточно хорошо, так как в некоторых из них и при наличии органических материалов дно и стенки замерзают в увлажненном состоянии. Во время выпадения ливневых осадков канавы с валиками способны работать более эффективно. Так, если принять, что водопоглощение в канаве за первый час (продолжительность выпадения сильного ливня) и в затопляемой зоне во второй половине времени выпадения дождя будет равняться 2 мм/мин, то слой водозадержания и поглощения при длине линии стока 100 м (расстояние между соседними канавами) на склоне 3° составит около 11 мм, а при интенсивности впитывания

1 мм/мин — 9,5 мм (главная роль принадлежит водозадерживающей емкости канавы и вала). При уменьшении расстояния между канавами расчетный слой водозадержания соответственно увеличится.

Водопоглощающие канавы могут использоваться в сочетании с водорегулирующими лесными полосами, совмещенными с простейшими гидротехническими устройствами — прерывистыми канавами и валами. Канавы самостоятельного действия (без лесных полос) должны дополнять сеть лесополос, размещаясь по контуру (с некоторым спрямлением на ложбинах) в межполосном пространстве. Канавы, как правило, должны работать на водозадержание, поэтому на их концах валы должны иметь глухие шпоры. При наличии подходящих путей для отвода стока около концевых участков валов нужно устраивать водоотводящие валы (с широким основанием или иные). Гидрологическая роль канав мало изучена.

Валы с широким основанием (валы-террасы) рекомендуются для задержания талых и ливневых вод на месте выпадения осадков на эродированных склонах, причем ими охватываются пологие и более крутые отрезки склона, начиная от водораздела [157]. Они напахиваются всвал по горизонтальным при помощи плантажного или обычного плугов с последующей правкой грейдером (иногда бульдозером), при этом происходит перераспределение гумусового горизонта почвы.

Валы с широким основанием, так называемые горизонтальные террасы, испытывались на Новосильской опытной станции еще в довоенные годы [69]. Неравномерность в распределении гумусового горизонта на площади, значительная пестрота урожая (на валах выше, в понижениях ниже), способность легко прорываться, особенно при наличии даже слабой ложбинности, и сложность ремонта, стеснение для механизмов при проведении сельскохозяйственных работ, необеспеченность существенных прибавок урожая (Я. В. Корнев) — все это не позволяет в настоящее время рекомендовать их в практику сельскохозяйственного производства. Этот вопрос требует дополнительного изучения. В США, где ливневая эрозия проявляется сильно, валы-террасы, или гребневидные террасы, получили широкое распространение.

Одиночные валы с широким основанием в ряде случаев целесообразно применять для отвода непоглощенных сточных вод с полей (наряду с наклонными водоотводящими бороздами, о чем сказано выше), а также в качестве распылителей стока и водосбросов, например на дорогах и в других местах. В таких случаях валу придается нужный продольный уклон: на полях около 0,001—0,005, на дорогах около 0,02—0,03. Валы на дорогах делаются очень пологими (заложение откосов 1 : 10—1 : 12), чтобы не затруднять проезд транспорта. Здесь они устраиваются главным образом при помощи бульдозера.

Водозадерживающие валы в настоящее время широко используются для борьбы с оврагообразованием. Расчеты валов и технология их насыпки достаточно хорошо известны; они изложены в ряде специальных документов [163, 164]. Системой валов можно задержать сток 10%-ной обеспеченности с площади водосбора до 30—40 га. При крутизне склонов более 5° они не проектируются. Валы размещаются вдоль горизонталей, а при пересечении ложбин спрямляются. Расстояние от оси вала до закрепляемой вершины принимается равным не менее 2—3 высот вершинного перепада и не более 12—15 м. В настоящее время рекомендуется строить большие валы. Их высота с учетом осадки грунта в зависимости от объема стока и уклона местности может колебаться в пределах 1,2—3,0 м, а рабочая высота на 30—40 см меньше. Ширина валов по гребню 2,3 м, заложение откосов вала и шпор: мокрого на связных грунтах 1:2, на рыхлых 1:3, сухого соответственно 1:1,5 и 1:2. Строительство валов производится специализированными подрядными организациями по составленным и утвержденным проектам.

Водозадерживающие валы могут играть лишь вспомогательную роль как один из элементов противоэрозионного комплекса. После того как на склонах будет создана система водорегулирующих и прибалочных полос и они будут совмещены с простейшими гидroteхническими устройствами, а также проведены другие противоэрозионные работы, понадобится значительно меньше водозадерживающих валов у вершин оврагов; многие вершины можно будет закрепить более простыми и дешевыми способами. При необходимости водозадерживающие валы на присетевых землях нужно размещать таким образом, чтобы они меньше занимали плодородной пашни. Сочетая с водоотводящими валами, их в ряде случаев целесообразно выносить на межковражные «стрелки» или на другие менее ценные участки.

Отвод и распыление стока является очень важной мерой по предотвращению дальнейшего роста оврагов и возникновению глубоких промоин, а также размыва дорожных кюветов. Распылитель стока на ложбине представляет собой валик высотой 40—60 см, перекрывающий водоток, и выводную борозду, являющуюся продолжением валика и прорезающей местный водораздел ложбины или иное возвышение. При отсутствии выраженных ложбин распылители устраиваются в виде борозды с валиком или выемки с валиком в зависимости от местных условий и от орудия, которым они создаются. Они могут проходить прямолинейно или криволинейно. На ложбинах им придается направление под углом около 45° к оси ложбины; здесь они могут располагаться на расстояниях 40—50 м и больше друг от друга. Концентрированные струи воды выводятся распылителями в разных пунктах из своих водотоков на задернованные участки, где вода, рассеиваясь и частично

поглощаясь, теряет эродирующую энергию и поступает на берега гидрографической сети или другие участки уже ослабленными струями.

Привершинные водоотводящие борозды-валики и различные распылители стока строятся при помощи малого плантажного плуга ППН-40 в агрегате с гусеничным трактором или обычным навесным плугом, у которого оставляются два средних корпуса, с постановкой на второй корпус удлиненного отвала, а также при помощи бульдозера. Обычно валик-распылитель насыпается в два прохода агрегата, причем после первого прохода его следует уплотнить гусеницей трактора при обратном проходе агрегата. Для насыпки водоотводящих валиков у растущих вершин оврагов требуется 3—4 прохода агрегата.

Широко применяя отвод и распыление стока в комплексе с другими противоэрозионными мероприятиями, можно достичь хороших результатов в деле прекращения процессов размыва. При устройстве распылителей стока нужно предварительно пройти детальный осмотр присетевых земель, занумеровать на плане эрозионные объекты, определить на месте необходимые мероприятия по каждому объекту и предполагаемые затраты внести в план противоэрозионных мероприятий и промфинплан.

При интенсивном оврагообразовании не везде можно создавать отвод стока от размываемых вершин, так как это может привести к образованию новых размывов. В то же время не везде целесообразно применять водозадерживающие валы, а для борьбы с донным размывом они вообще мало пригодны. Нередко для прекращения роста оврагов приходится разными способами закреплять их вершины с тем, чтобы сточная вода проходила через них, не размывая. Закрепление вершин в ряде случаев возможно осуществить сравнительно простыми способами [155], в других же случаях для быстрого прекращения роста оврагов, угрожающих ценным объектам, требуются различные инженерные водосбросные сооружения — перепады, быстротоки [16, 157] и др.].

В опытной сети ВНИАЛМИ разработан и испытан простой и доступный способ закрепления вершин оврагов, который состоит в следующем. В месте вершинного перепада бульдозером срезается грунт со стороны подхода воды и частично с бортов и сбрасывается вниз с таким расчетом, чтобы наклон водотока на донных оврагах составлял около $4-6^\circ$ и на береговых до $7-8^\circ$, а его ширина была 3—5 м. Насыпная часть вершины хорошо утрамбовывается гусеницами трактора. Верхний гумусированный слой по возможности предварительно буртуется, а по окончании выполнивания — равномерно распределяется по поверхности водотока. Водоток должен быть прямолинейным, в противном случае возможно подмытие бортов. Выполаживание вершин не требует больших затрат: на обработку

одной вершины с высотой перепада до 3 м обычно затрачивается около 2—4 ч работы бульдозера.

После выполаживания вершины дальнейшее ее закрепление производится одним из следующих способов.

1. Посев многолетних злаковых трав (овсяница луговая, мятыник луговой, костер безостый, пырей бескорневищный и другие). Этот способ применяется в лесостепи и северных степях, где быстро образуется мощная дернина. Семена высеваются из расчета 30—40 г на 1 м². Их заделка производится боронованием на конной тяге или граблями вручную. При посеве вносят аммиачную селитру и суперфосфат из расчета 45 кг действующего вещества азота и 30 кг фосфора на 1 га. В дальнейшем каждую весну производится подкормка аммиачной селитрой (из расчета 1 ц/га). Временно, на 1—2 года, вода отводится от закрепляемой вершины, а после образования дернины возвращается в прежнее русло. Описанный способ закрепления вершин оврагов, особенно донных, широко применяется на Новосильской АГЛОС (Т. Г. Глыбин). Через закрепленные вершины донных размывов пропускается сток с водосборов до 100 га. Пастбища скота на них не допускается (вершины огораживаются).

2. Одернование сплооженных вершин. В более южных районах для быстрого закрепления выложенного водотока его одерновывают. Естественный дерн накладывают на выложенную поверхность водоспуска и пришлиливают деревянными колышками длиной 20 см. Для лучшего развития травянистой растительности каждую весну в качестве подкормки вносят аммиачную селитру. Такой одернованный водоток может функционировать сразу после закрепления, однако его устойчивость со временем повышается, особенно через 1—2 года. В засушливых условиях Юго-Востока он способен пропускать сток с водосборной площади 10—15 га и больше. Борта водотока засаживаются лесом.

Могут применяться и другие способы крепления выложенных вершин, например устилка водотока слоем соломы толщиной 25—30 см с последующим покрытием хворостом и жердями и подвязыванием их к забитым ивовым кольям. Закрепленные вершины требуют систематического надзора и в случае необходимости ремонта.

К специальным водосборным вершинным сооружениям относятся: а) перепады — ступенчатые сооружения, по которым вода проходит частично по дну, а частично в виде водопада (стенки падения, ступенчатые перепады, шахтный, висячий и консольный водосбросы); б) быстротоки — наклонные лотки и трубы, по которым вода стекает без отрыва от твердого ложа. Водосбросные сооружения требуют точного гидравлического расчета, качественного строительства и систематического надзора. Обычно они применяются в сочетании

с водоподводящими валами и запрудами по дну оврага, с облесением и залужением.

Лотковые быстротоки создаются для закрепления разнообразных оврагов с перепадами в вершине 5—10 м и больше. Лотки изготавливают из дерева, камня, бетона и железобетона. Шагом вперед в деле механизации трудоемких процессов строительства является сооружение сборных железобетонных лотков-быстротоков прямоугольного сечения конструкции Н. И. Магомедова (УкрНИИЛХА, рис. 25). Они собираются из однотипных коротких (3—3,5 м) лотков-деталей, имеющих на одном конце раструб, путем последовательного вкладывания

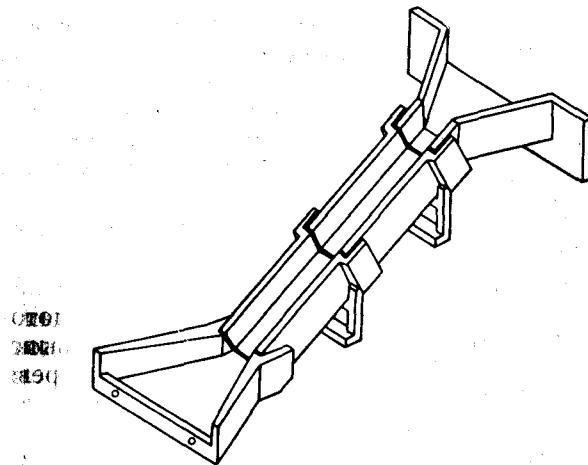


Рис. 25. Сборный лоток-быстроток прямоугольного сечения конструкции Н. И. Магомедова (УкрНИИЛХА).

конца одного лотка-детали в раструб другого. Недостатком таких лотков-быстротоков является большая бетономемкость ($0,3 \text{ м}^3$ на 1 пог. м), малая длина, недостаточная жесткость конструкции и неотработанность технологии изготовления.

Конструкция лотка-быстротока из железобетонных лотков-оболочек разработана на Поволжской АГЛОС В. И. Пановым в двух вариантах (рис. 26). Производство железобетонных лотков-оболочек параболического сечения освоено заводами железобетонных изделий для строительства лотковой ирригационной сети. Например, Быковский завод Волгоградской области выпускает лотки марки ЛР-60, ЛР-80 и ЛР-100 глубиной соответственно 60, 80 и 100 см, что позволяет использовать каждый типоразмер для закрепления размываемых вершин с различной водосборной площадью. Длина параболических лотков 6—8 м, толщина стенок 5—7 см; расход железобетона $0,13—0,17 \text{ м}^3$ на 1 пог. м.

Строительство ступенчатых перепадов и лотков-быстротоков разных типов в настоящее время обходится очень дорого, от 3—5 до 15 тыс. руб. Строительство хозяйственным способом лотка-быстротока параболического сечения (при длине водосливной части 18 м) на Поволжской АГЛОС обошлось в 800 руб. Отсутствие в настоящее время типовых водоприемников, замков-опор и водобойных колодцев усложняет и удоро-жает строительство лотков.

Если наладить их выпуск в заводских условиях, а на закрепляемых вершинах вести только монтажные работы, затраты на строительство этих лотков-быстротоков уменьшатся еще в 2—3 раза.

При наличии указанных деталей заводского произ-водства и проектирование лотков-водосбросов намного упростилось бы. Можно бы-ло бы подготовить таблицы для определения максималь-ной пропускной способности сборных быстротоков из лотков параболического се-чения для каждого типораз-мера при разных уклонах сливной части. В таком слу-чае работы по проектирова-нию сводились бы главным образом к определению во-досборной площаи закреп-ляемой вершины, к нахожде-нию по формуле Соколовского максимального ливневого расхода определенной обеспеченности для данных физико-географических условий и подбору по таблицам максимальной пропускной спо-собности нужного типоразмера быстротока. При необходимости возможно спаривание или строирование быстротоков разных типо-размеров на одном объекте.

3. Вовлечение сильноразмытых склоновых земель в интенсивное сельскохозяйственное пользование

Во многих районах нашей страны, особенно в Среднем и Нижнем Поволжье, имеются большие площади склоновых зе-мель, сильно изрезанные промоинами и оврагами, которые в на-стоящее время используются в качестве малопродуктивных

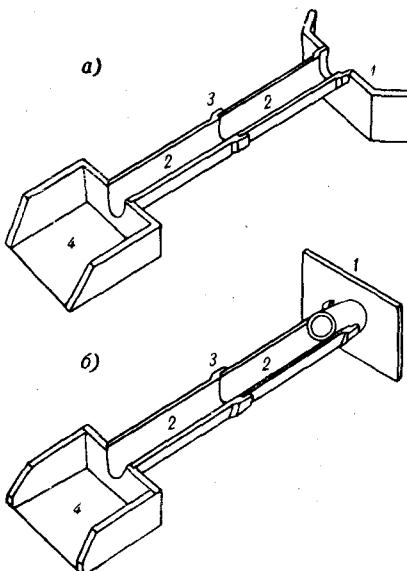


Рис. 26. Быстроток из раструбных лотков параболического сечения конструкции В. И. Панова (ВНИАЛМИ).

a и *b* — первый и второй варианты; 1 — водоприемник, 2 — водопроводящая часть лотка-быстротока, 3 — замок-опора, 4 — водобойный колодец.

выгонов (преимущественно земли присетевого и гидрографического фондов); например, в Волгоградской области, по нашим приблизительным подсчетам, они занимают около 210 тыс. га. Крутизна сильноразмытых склонов варьирует от 2—3 до 6—7° и больше. Их эрозионное разрушение продолжается, что приводит к заносу ценных пойменных земель и к заилиению рек, прудов и водоемов. Эти земли требуют коренной мелиорации и вовлечения в интенсивное хозяйственное пользование.

Система мелиоративных мероприятий на смытых и размытых склоновых землях засушливого Юго-Востока разработана на Клетском опорном пункте ВНИАЛМИ и в колхозе «Красный Октябрь» Клетского района Волгоградской области [156]. Аналогичные работы проводятся в Молдавии [122]. При проектировании противоэрэзионных мероприятий на таких склонах предусматривается:

1) вы полаживание бульдозером откосов размывов и их частичная засыпка до образования пологих ложбин, которые не препятствовали бы обработке почвы поперек склона; вы полаживание и засыпка производятся таким образом, чтобы гумусированный почвенный слой оставался на поверхности и равномерно покрывал перемещенную и обнаженную породу. Засыпаются овраги глубиной до 4—5 м, а в отдельных случаях до 10 м и больше;

2) создание водорегулирующих валов (иногда в сочетании с канавами), работающих на водозадержание и на отвод сточных вод; в зависимости от уклона валы располагаются на расстояниях 200—300 м один от другого. Главное назначение валов — предотвращать сильную концентрацию сточной воды и защищать склоны от повторного размыва. У вершин закрепляемых оврагов при необходимости проектируются водозадерживающие валы;

3) устройство и закрепление путей отвода сточных вод;

4) посадка узких (2 ряда) лесных полос около валов и однорядных снегораспределительных кулис из кустарников на водосборной площади между валами (в случае ее использования под пастбище);

5) применение агрономических мероприятий и технических приемов, обеспечивающих восстановление и повышение плодородия эродированных почв и максимальное задержание осадков на месте их выпадения.

Эродированные крутосклоновые земли с уклонами 8—15° целесообразно отводить под напашное террасирование. В засушливых условиях Юго-Востока на террасах нужно высевать многолетние травы и высаживать через 100—150 м 2—4-рядные лесные полосы (на 1—2 террасах). При наличии поблизости водоемов (в приречных районах такая возможность имеется) на террасированных участках склонов в будущем целесообразно применять полив по террасам, что намного увеличит продуктив-

ность этих земель. В этом случае по террасам можно сажать сады. Все вышеуказанные гидротехнические сооружения, устройства и лесонасаждения должны проектироваться в органической связке с общей противоэрозионной организацией территории хозяйства, при этом должны предусматриваться мероприятия, обеспечивающие задержание и регулирование стока на вышележащих отрезках склона и приводораздельной территории.

Порядок выполнения работ на размытых склонах, подлежащих коренной мелиорации, следующий. Производятся изыскания, определяются объемы земляных работ и составляется специальный проект или проектно-сметная документация. При перенесении проекта в натуру разбиваются при помощи нивелира трассы валов и определяются пути отвода сточных вод. Проводится глубокая вспашка с двух сторон ближайшей приовражной краевой зоны с целью облегчить перемещение почвы бульдозером. После этого выполняются и засыпаются бульдозером все размывы вдоль намеченных трасс в полосе 25—30 м. Затем производится глубокая вспашка вдоль трассы вала полосы шириной 25—30 м и сдвигание вверх по склону гумусированного почвенного слоя. Вал устраивается путем надвигания бульдозером на трассу предварительно взрыхленной плугом почвы и грунта. После насыпки вала сдвинутая ранее гумусированная земля равномерно распределяется на обнаженной от почвы полосе и по телу вала.

При выполнении откосов оврагов работу начинают с верхних частей склона, уже изолированных валами. Вначале производят разбивку вспаханной краевой зоны оврага на рабочие участки протяженностью 20—25 м. Засыпку и выполнение начинают с нижнего участка, примыкающего к мокрому откосу вала. Бульдозером вначале снимают взрыхленный гумусированный почвенный слой в прибрюзговой зоне первого рабочего участка и перемещают его вдоль бровки вниз по склону ближе к валу, где земля равномерно распределяется вдоль вала. Затем последовательно срезают бульдозером обнаженную породу на всем фронте первого рабочего участка и сбрасывают ее в размыв, заполняя до середины приблизительно наполовину ее глубины. Для облегчения работы бульдозера нужно всякий раз после сдвигания вниз рыхлой почвы или породы вновь рыхлить породу на рабочем участке путем вспашки.

После выполнения откоса на первом участке взрыхленную почву прибрюзговой полосы вышележащего второго участка перемещают в зону первого участка и покрывают ею слабогумусированную породу. Затем срезают породу и выполняют откос на втором участке, а сюда надвигают почвенный слой с вышележащего третьего участка. При наличии двух бульдозеров каждый участок обрабатывается одновременно с обеих сторон оврага, а работая с одним бульдозером, сначала обрабатывают с двух сторон один участок, затем переходят к другому.

Таким образом производят засыпку всего оврага до вершины. Указанным способом выложивают все размывы сначала верхнего пояса, ограниченного валами, а затем следующих вниз по склону поясов.

Закрепляют пути отвода стока. При отсутствии подходящих естественных путей закрепляют вершины отвершков и лощин (или оврагов), в которые предполагают направить избыток сточной воды; в некоторых случаях применяют и донные за-пруды.

После выполнения указанных работ, приводящих к сильному нарушению в ряде пунктов почвенного покрова, эродированные склоновые земли подлежат окультуриванию, улучшению водно-физических и химических свойств и повышению плодородия. Эта цель может быть быстро достигнута хорошей обработкой почв, внесением повышенных в 1,5—2 раза доз органических и минеральных (преимущественно азотных) удобрений, особенно в пунктах с малой мощностью почвы, и посевом многолетних трав. Вновь вводимые в интенсивное сельскохозяйственное пользование склоновые земли должны использоваться, как правило, в почвозащитном севообороте, где многолетние травы будут занимать 4—5 полей. Некоторые участки могут отводиться в полевой севооборот, а наиболее крутые отрезки склонов (5—7°) — под постоянное и периодическое залужение (улучшенные сено-косы и пастбища). На мелиорированных таким образом склоновых землях нужно широко проводить щелевание полей с многолетними травами. Крутосклоновые земли, где осуществляется террасирование, травосеяние и посадка узких лесополос, используются преимущественно как пастбищные угодья с регулируемым выпасом скота.

Применение вышеуказанных гидро-лесо-лугомелиоративных и агротехнических мероприятий и приемов позволит зарегулировать поверхностный сток, повысить влажность почвы, надежно защитить эти земли от эрозии и резко повысить их продуктивность.

Описанный способ коренной мелиорации размытых и смытых склоновых земель прошел проверку в производственных условиях Клетского опорного пункта ВНИАЛМИ и колхоза «Красный Октябрь» Клетского района Волгоградской области. Здесь полностью выявилаась его практическая пригодность и высокая экономическая эффективность. В указанном колхозе за период с 1964 по 1968 г. мелиорировано и вовлечено в интенсивное сельскохозяйственное пользование более 400 га размытых склоновых земель. На этой площади устроены водорегулирующие валы протяженностью более 8 км, засыпаны промоины и выполнены откосы размывов глубиной до 3 м и общей протяженностью более 43 км. По подсчетам В. К. Духнова [156], затраты на выполнение земляных работ в объеме 140 тыс. м³ составили 14 042 руб. Себестоимость всей полученной продукции (озимая

пшеница, просо, кукуруза на силос, сено и семена многолетних трав и др.) выразилась в сумме 57 963 руб., а ее стоимость по государственным заготовительным ценам равняется 79 536 руб., т. е. на 21 437 руб. больше. На участках, где объем земляных работ не превышал 400—500 м³ на 1 га, затраты окупались в первые 1—2 года, а при большем объеме работ срок окупаемости увеличивался.

Таким образом, может быть достигнута надежная защита сильноэродированных склоновых земель от дальнейшего смыва и размыва и резко повысится их производительность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Х.
О.
.О
Х.
д.
-51

вт
вк

Разработка и внедрение комплекса противоэррозионной защиты требует всестороннего учета закономерностей смыва и размыва почв, знания гидрологической и противоэррозионной эффективности различных приемов и методов задержания и регулирования поверхностного стока на основе глубокого изучения факторов, обусловливающих его формирование. Проведенные нами исследования и анализ литературных данных позволяют сделать ряд общих и частных выводов.

Процессы смыва и размыва почв и почвогрунтов определяются совокупным влиянием многих природных и хозяйственных факторов. Главнейшими из них являются: рельеф местности (длина, крутизна и форма склонов), состав грунтов и податливость почв эрозии, объем стока, распределение снежного покрова на склонах и последовательность его схода, характер ливневых осадков, степень защищенности почвы живым или мертвым покровом и другие. В основе современных процессов эрозии лежат не геологические факторы, а нерациональная хозяйственная деятельность человека в условиях выраженного рельефа, и эти процессы могут быть приостановлены применением комплекса противоэррозионных мероприятий.

В связи с уменьшением с севера на юг и юго-восток предзимнего промачивания почв глубина их промерзания уменьшается в том же направлении. Почва в лесных полосах и в приопушечной зоне промерзает меньше, чем на полях, а иногда совсем не промерзает. Оттаивание сверху мерзлой почвы с высокой льдистостью происходит после стаивания снега. Рыхлая почва при малом и умеренном содержании в ней льда способна оттаивать сверху, будучи под снегом, под влиянием тепла просачивающейся талой воды (чаще всего это наблюдается в условиях степей на зяби и в лесонасаждениях).

По мере продвижения с севера на юг и юго-восток средняя величина весеннего стока с уплотненной пашни изменяется постепенно; наибольшие значения она имеет на серых лесных почвах и черноземах лесостепи, далее на юг уменьшается. Отношение коэффициентов стока с уплотненной пашни и с зяби повышается от 1,23 на серых лесных почвах до 4—9,6 на черноземах и каштановых почвах. Это свидетельствует о большом гидрологическом значении зяби, увеличивающемся по мере продвижения с севера на юг и юго-восток. На серых лесных почвах сток с зяби умеренный, сильный и очень сильный формируется в среднем семь лет в 10-летие; три года он бывает слабый, очень слабый или отсутствует. На черноземах и каштановых почвах степей семь лет бывает с очень слабым стоком и без стока и три года со слабым, умеренным или сильным; это получило отражение на кривых обеспеченности стока. На песчаных и супесчаных почвах степей сток с зяби несколько больше, чем на суглинистых почвах.

Установлена широтная и долготная инверсия стока снежных вод, выражаяющаяся в формировании в районах лесостепи и степей зон повышенной водности. Зависимость стока талых вод от влагозапасов в снеге сложная. При сильном предзимнем увлажнении почвы увеличение влагозапасов в снеге повышает слой, а иногда и коэффициент стока. В годы с холодной зимой и сильными зимними оттепелями ранее формирование снежного покрова повышенной мощности способствует уменьшению стока. В местах позднего повторного его формирования показатели стока увеличиваются. На уплотненной пашне увеличение мощности снежного покрова обычно увеличивает сток, а при неустойчивой теплой зиме уменьшает его. В результате анализа связи гидрометеорологических условий осени и зимы с показателями стока дается схема прогноза талых вод для черноземных и каштановых почв.

Исследовано влияние и дана оценка агротехнических приемов задержания талых вод на зяби. Глубокая зяблевая вспашка является главным условием интенсивного просачивания талых вод в почву. Увеличение глубины вспашки на 8 см (с 20—22 до 27—30 см) уменьшает сток на 12—32 мм. Наибольшее удельное сокращение стока происходит в диапазоне глубины 22—30 см, а наиболее эффективная глубина вспашки (с точки зрения общего уменьшения стока) 27—30 см (до 35 см). При внесении

органических удобрений в эродированную почву и ее окультуривании гидрологическая эффективность глубокой пахоты повышается. Нано- и микрорельеф зялевой пахоты играет ограниченную роль в задержании талых вод. Наибольшее водозадерживающее действие микрорельефа проявляется, когда он создается одновременно с глубокой вспашкой (или глубоким рыхлением) без уплотнения почвы.

Проблема задержания талых вод на зяби, на черноземах и каштановых почвах степного Поволжья и Юга, развившихся на лессовых породах, в основном решается проведением зялевой вспашки поперек склона на 27—30 см (восемь лет в 10-летие); специальные приемы водозадержания потребуются на средне- и сильносмытых почвах. На черноземах степного центра, северной степи и южной лесостепи эти приемы должны применяться более широко. На серых лесных почвах и оподзоленных черноземах агрономические мероприятия по водозадержанию и регулированию стока в настоящее время должны основываться на окультуривании почв и применении специальных приемов водозадержания и отвода стока наклонными бороздами и валами с широким основанием.

Практикуемое в засушливых условиях Юга и Юго-Востока выравнивание глыбистой зяби, сопровождающееся ее уплотнением, значительно увеличивает сток и создает опасность усиленной эрозии. Применение этого мероприятия допустимо лишь на очень пологих склонах (до $1,5^{\circ}$) при невозможности устранения глыбистости другими способами; при этом требуется применение специальных приемов водозадержания и отвода стока. Положительная гидрологическая роль приема щелевания достаточно проявляется лишь на многолетних травах и на стерне. Осеннее щелевание зяби не дает положительного эффекта, а щелевание по мерзлой почве (зыби и озимых) требует совершенствования.

В летний сезон во время выпадения дождей все факторы, которые способствуют увеличению слоя и площади затопления на поверхности склона, повышают интенсивность впитывания воды и уменьшают сток и смыв почвы. К ним относятся водо прочная структура и наличие рыхлого поверхностного слоя почвы, выраженность нано- и микрорельефа, густой растительный покров, различная мульча и другие.

Влияние уклона на сток зависит от многих факторов и является величиной переменной. В летний сезон на незащищенной пашне оно проявляется сильнее, на защищенной — слабее. Будучи прямо связано с инфильтрационной способностью почвы и интенсивностью дождя оно в определенной степени подчиняется действию зональных факторов. Прямо на сток талых вод уклон почти не влияет, косвенно — через смытость почв.

Очень важная роль в защите почв присетевой зоны и гидрографической сети от эрозии принадлежит лугомелиоративным мероприятиям, включая и применение удобрений, в комплексе с лесонасаждениями. Одновременно решается проблема обеспечения животноводства кормами.

Защитные лесонасаждения оказывают всестороннее мелиоративное воздействие на сельскохозяйственную территорию, но их водопоглощающая и противоэрэзионная роль недостаточна. В настоящей работе дается обоснование сети водорегулирующих и прибалочных лесных полос в сочетании с простейшими гидротехническими устройствами: обвалованием лесополос по нижней опушке, устройством в них прерывистых канав с валами, возведением водозадерживающих валов на ложбинах по нижней, а в некоторых случаях и по верхней опушкам. Согласно расчетам, такая сеть при правильном расположении лесополос способна задержать на водосборной площади до 50—60 мм талой и много ливневой воды, что в комплексе с агрономическими и другими противоэрэзионными мероприятиями в основном решает проблему защиты почв от эрозии.

В лесополосах с гидротехническими устройствами резко возрастает потускулярное вхождение влаги в почву и грунт, поэтому при близком залегании относительного водоупора формируется устойчивая верховодка и создаются более благоприятные условия увлажнения почвы в межполосном пространстве. Мероприятия, способствующие задержанию стока, уменьшению эрозии и повышению влажности полей, значительно ослабляют вредное проявление засухи.

Основные пути решения задачи регулирования стока и борьбы с эрозией и засухой следующие:

1) повсеместное проведение глубокой зяблевой вспашки на 27—30 см (до 35 см); это может быть обычная (с оборотом пласта) вспашка, вспашка с почвоуглубителями или без оборота

пласта (например, плоскорезная обработка), при этом нужно проводить снегозадержание разными способами;

2) окультуривание почв, создание глубокого, обогащенного органическими веществами пахотного горизонта;

3) создание на пашне емкого микрорельефа без уплотнения почвы (в ближайшем будущем от применения этого способа водозадержания можно ожидать уменьшения стока приблизительно на 10 мм); поделка микрорельефа на пропашных культурах, что позволяет задерживать ливневые осадки, объем которых в 1,5—2 раза превышает емкость микрорельефа;

4) перехват стока на границе и внутри полей лесными полосами, усиленными простейшими гидротехническими устройствами;

5) в сильноэродированных районах применение на присеевых землях почвозащитных севооборотов, а в некоторых случаях создание лесолугового пояса около гидрографической сети;

6) на склонах, сильно изрезанных промоинами и оврагами, выполаживание откосов оврагов и их частичная засыпка в комплексе с водорегулирующими валами и травосеянием;

7) регулирование сброса непоглощенной сточной воды с целью уменьшения смыва и размыва почв;

8) закрепление активно растущих вершин оврагов разными способами в сочетании с их облесением;

9) облесение в комплексе с залужением сильноэродированных участков крутосклонов и берегов гидрографической сети.

Сложная задача эффективного задержания и регулирования стока и прекращения или резкого ослабления эрозии при помощи указанных мероприятий и приемов успешно решается на основе правильной противоэрзационной организации территории.

1) снегозадержание
2) окультуривание почв
3) создание глубокого, обогащенного органическими веществами пахотного горизонта;
4) перехват стока на границе и внутри полей лесными полосами, усиленными простейшими гидротехническими устройствами;

5) в сильноэродированных районах применение на присеевых землях почвозащитных севооборотов, а в некоторых случаях создание лесолугового пояса около гидрографической сети;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимова Л. Н. Влияние структурообразователей на агрегатный состав почвы.— В кн.: «Гидрофизика и структура почв», вып. 11. Л., Гидрометеоиздат, 1965, с. 116—122.
2. Аксенов П. И. Регулирование склонового стока в лесостепных районах европейской части СССР для использования его в сельском хозяйстве. Автореф. канд. дисс. М., 1965, 23 с.
3. Аксенов П. И. Щелевание мерзлой почвы перед стоком. «Вестн. с.-х. науки», 1969, № 3, с. 70—78.
4. Алифанова Т. И. Водный режим почвогрунтов на лесозащитных полях Среднего Заволжья.— «Сельское хозяйство Поволжья», 1959, № 6, с. 37—41.
5. Антропов Т. Ф. Приемы обработки почвы, обеспечивающие сокращение стока воды и смыва почвы на склонах.— «Земледелие», 1954, № 11, с. 48—52.
6. Антропов Т. Ф., Корнев Я. В. Опыт культуры многолетних трав на смытых почвах.— «Сов. агрономия», 1950, № 10, с. 61—72.
7. Арманд Д. Л. Физико-географические основы проектирования сети полезащитных лесных полос. М., Изд-во АН СССР, 1961, 367 с.
8. Баранов В. И. О чём говорят песчаники Камышина и пески Ергеней. Стalingрад, 1952, 43 с.
9. Барabanov A. T. Эффективность минеральных удобрений на эродированных светло-каштановых почвах Волгоградской области.— «Бюлл. ВНИАЛМИ», 1970, вып. 8 (60), с. 27—28.
10. Басов Г. Ф., Грищенко М. Н. Гидрологическая роль лесных полос. М., Гослесбумиздат, 1963, 201 с.
11. Басс С. В. Внутриональные особенности стока талых вод в зоне смешанных лесов.— «Изв. АН СССР, серия геогр.», 1961, № 1, с. 89—95.
12. Басс С. В. Внутриональные особенности весеннего поверхностного стока в лесной зоне. М., Изд-во АН СССР, 1963, 106 с.
13. Белозер И. И. Агротехническая эффективность противоэррозионной зяблевой вспашки на склонах. Автореф. канд. дисс. Киев, 1965, 26 с.
14. Беннетт Х. Х. Основы охраны почв. Пер. с англ. М., Изд-во иностр. лит., 1958, 412 с.
15. Борец В. П. Влияние минеральных удобрений на урожай ячменя, ливневый сток и смыв светло-каштановой почвы.— «Бюлл. ВНИАЛМИ», 1970, вып. 8(60), с. 29—31.

16. Брауде И. Д. Закрепление и освоение оврагов, балок и крутых склонов. М., Сельхозгиз, 1959, 283 с.
17. Брауде И. Д. Новое о регулировании и задержании талых вод для увлажнения и защиты почвы от эрозии.— В кн.: Защита почв от эрозии. М., «Колос», 1964, с. 484—496.
18. Бронзова Г. Я. Создание кормовых угодий на смытых почвах. М., Сельхозгиз, 1955, 110 с.
19. Буров Д. И., Савенко А. В. О зяблевой обработке почвы в совхозах Юго-Востока.— «Совхозное производство», 1960, № 7, с. 25—27.
20. Буров Д. И., Луканцев Д. Н. О задержании талых вод на черноземных почвах Заволжья.— «Почвоведение», 1963, № 11, с. 78—86.
21. Введенская Э. Д. Формирование снегового склонового стока в условиях ЦЧО.— В кн.: Мат. совещ. по вопросам эксп. изуч. стока и водного баланса речных водосборов (4—7 августа 1964 г.). Валдай, 1965, с. 152—158.
22. Великанов М. А. Динамика русловых потоков. Л.—М., Гидрометеоиздат, 1946, 520 с.
23. Вершинин П. В. Об искусственных почвенных структурообразователях.— «Почвоведение», 1958, № 10, с. 28—37.
24. Вершинин П. В. Проблема искусственного структурообразования.— «Сб. трудов по агроном. физике», 1960, вып. 8, с. 131—142.
25. Виленский Д. Г. Свойства почв, определяющие податливость их эрозии, и методы исследования этих свойств.— В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1938, с. 111—129.
26. Вильямс В. Р. Собрание сочинений, т. 7. М.—Л., Сельхозгиз, 1949, 468 с.
27. Волков В. П. Щелевание как способ борьбы с водной и ветровой эрозией почв.— В кн.: Защита почв от эрозии. М., «Колос», 1964, с. 447—450.
28. Высоцкий Г. Н. Водоразделы и увлажнение степей. М., Изд. ВАСХНИЛ, 1937, 20 с.
29. Высоцкий Г. Н. О гидрологическом и климатическом влиянии лесов. М.—Л., Гослесбумиздат, 1952, 112 с.
30. Габай В. С. Полиакриламид и закрепление песков.— «Вестн. с.-х. науки», 1965, № 7, с. 33—37.
31. Гаршинев Е. А., Сурмач Г. П. Повышение эффективности водорегулирующей роли лесонасаждений на серых лесных почвах.— «Вестн. с.-х. науки», 1971, № 7, с. 93—99.
32. Гарюгин Г. А. Весенний сток в зависимости от состояния поверхности почвы.— «Метеорология и гидрология», 1955, № 3, с. 40—42.
33. Гедройц К. К. Учение о поглотительной способности почв. М., Сельхозгиз, 1933, 205 с.
34. Глыбин Т. Г. Применение многолетних трав на эродированных склонах.— «Сборник работ Новосильской Зональной агролесомелиоративной опытной станции», 1972, вып. 2, с. 72—74.
35. Гончар А. И. Почвозащитный метод обработки почвы.— «Земледелие», 1958, № 8, с. 8—12.

36. Грин А. М. Весенний сток и смыв почвы с различных угодий Курской области.— «Вопросы гидрологии Успенского водохранилища и его водосбора». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1963, с. 275—283.
37. Грин А. М. Динамика водного баланса Центрально-Черноземного района. М., «Наука», 1965, 146 с.
38. Грин А. М., Савельева Т. А., Чернышев Е. П. Экспериментальные исследования водного баланса на Курском стационаре Института географии АН СССР.— В кн.: Мат. совещ. по вопросам эксп. изуч. стока и водного баланса речных водосборов (4—7 августа 1964 г.). Валдай, 1965, с. 84—92.
39. Грин А. М., Назаров Г. В. Сравнительная характеристика впитывающей способности почв лесостепной зоны европейской части СССР.— «Почвоведение», 1965, № 3, с. 47—52.
40. Гуссак В. Б. Опыт экспериментального изучения поверхностных эрозий почвы на красноземах влажных субтропиков ССР Грузии.— «Почвоведение», 1935, № 1, с. 35—56.
41. Гуссак В. Б. Факторы и внутренние последствия поверхностных смывов красноземов в условиях влажных субтропиков Грузии.— В кн.: Эрозия почв. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1937, с. 103—154.
42. Гуссак В. Б. Опыт применения гуминовых и полимерных препаратов на сероземах в целях улучшения их структуры и борьбы с эрозией.— «Почвоведение», 1961, № 8, с. 42—53.
43. Гуссак В. Б., Поганяс К. П. Некоторые итоги 4-летних опытов по оструктуриванию орошаемого типичного серозема.— «Почвоведение», 1964, № 5, с. 73—83.
44. Гуссак В. Б., Саатов Р., Мухамедов Т. Применение полимеров и других химических средств в борьбе с эрозией.— В кн.: «Защита почв от эрозии». М., «Колос», 1964, с. 544—546.
45. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. 2-е изд. М., Сельхозгиз, 1953, 152 с.
46. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., «Колос», 1968, 335 с.
47. Жигалов И. И. Влияние характера обработки почвы на склоновый сток талых вод.— «Почвоведение», 1955, № 10, с. 36—49.
48. Жилкин Б. Д. Опыт оценки влияния леса на водный баланс.— «Труды Брянского лесохоз. ин-та», т. 4. Брянск, 1940, с. 35—114.
49. Жолобов А. И. Экономическая эффективность удобрений на каштановых почвах.— В кн.: Химизация сельск. хоз-ва Волгоградской области. Волгоград, Нижне-Волжское кн. изд-во, 1965, с. 19—24.
50. Заборовский Е. П., Лисин С. С., Соболев С. С. Лесные культуры и лесные мелиорации. М., «Лесная промышленность», 1964, 392 с.
51. Заславский М. Н. Эрозия почв и земледелие на склонах. Кишинев, Изд-во «Карта молдовеняскэ», 1966, 494 с.
52. Захаров С. А. Изучение водопроницаемости почв в поле при помощи «дождевания».— В кн.: Физика почв СССР. М., Сельхозгиз, 1936, с. 379—390.
53. Звонков В. В. Водная и ветровая эрозия земли. Изд-во АН СССР, 1962. 175 с.

54. Измаильский А. А. Как высохла наша степь. Избр. соч. М., Сельхозгиз, 1949, 335 с.
55. Ионовичус А. А., Масленкова Г. Л. О применении поверхностно-активных веществ в качестве искусственных структурообразователей.— В кн.: Гидрофизика и структура почвы, вып. II. Л., Гидрометеоиздат, 1965, с. 123—131.
56. Ионовичус А. А., Масленкова Г. Л., Ревут И. Б. О некоторых новых возможностях улучшения водно-физических условий в почве путем применения искусственных структурообразователей.— В кн.: Гидрофизика и структура почвы, вып. II. Л., Гидрометеоиздат, 1965, с. 132—140.
57. Кабанов П. Г. О поверхностном стоке талых вод в Поволжье.— «Соц. зерновое хоз-во», 1938, № 2, с. 44—57.
58. Казаков В. А. Экспериментальное изучение смыва на красноземах Аджарии. Тбилиси, 1940, с. 34—47.
59. Касаткин И. И. Увлажнительные работы и их значение в сельскохозяйственном и климатическом отношении. М., Изд. ГИСХМ, 1925, 99 с.
60. Каулин В. Н. Приемы обработки почвы на склонах и влагонакопление.— «Вестник с.-х. науки», 1965, № 1, с. 123—126.
61. Каулин В. Н. Влияние агролесомелиоративных мероприятий на сток талых вод с малых водосборов.— В кн.: Мат. совещ. по вопр. эксперим. изучен. стока и водн. баланса речных водосборов (4—7 августа 1964 г.). Валдай, 1965, с. 221—229.
62. Качинский Н. А. Замерзание, разморзание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. Изд-во МГУ, 1927. 168 с.
63. Качинский Н. А. О структуре почвы, некоторых водных ее свойствах и дифференциальной порозности.— «Почвоведение», 1947, № 6, с. 336—348.
64. Качинский Н. А. Структура почвы. Изд-во МГУ, 1963, 99 с.
65. Князев А. А. Обработка склонов.— «Земледелие», 1964, № 9, с. 37—40.
66. Коблев Ю. Н. Эффективность минеральных удобрений и бороздование зяби на смытых светло-каштановых почвах.— «Сборн. науч.-иссл. работ», 1961, вып. 32, с. 91—97.
67. Кобезский М. Д. Разработка мероприятий по борьбе с эрозией. УкрНИИ агролесомелиорации и лесн. хоз-ва. Научный отчет за 1939 г. Харьков, 1940, с. 91—147.
68. Козлов В. П. Восстановление плодородия смытых серых лесных почв путем внесения удобрений (по данным полевых опытов).— «Почвоведение», 1959, № 6, с. 42—46.
69. Козменко А. С. Работы Новосильской опытно-овражной станции по изучению приемов борьбы с эрозией.— В кн.: Эрозия почв. М.—Л., Изд-во АН ССР, 1937, с. 155—185.
70. Козменко А. С. Борьба с эрозией в земледельческих районах СССР.— В кн.: Борьба с эрозией почв в СССР. М.—Л., Изд-во АН ССР, 1938, с. 33—55.
71. Козменко А. С. Борьба с эрозией почв. М., Сельхозгиз, 1949, 160 с.

72. Козменко А. С. Борьба с эрозией почв. М., Сельхозгиз, 1954, 229 с.
73. Козменко А. С., Корнев Я. В. и др. Приемы противоэрэзионной мелиорации. Курск, 1937, 163 с.
74. Козменко А. С., Ивановский А. Д. Режим поверхностного стока в Центральной лесостепи.—«Гидротехника и мелиорация», 1953, № 1, с. 3—18.
75. Колль С. А. Полевые экспериментальные исследования потерь дождя на инфильтрацию методом искусственного дождевания в Сальской степи.—«Труды ГГИ», 1950, вып. 24 (78), с. 72—108.
76. Комаров В. Д. Исследование водопроницаемости мерзлой почвы.—«Метеорология и гидрология», 1957, № 2, с. 10—18.
77. Конке Г., Бертран А. Охрана почвы. Пер. с англ. М., Изд-во с.-х. литерат., журн. и плакатов, 1962, 344 с.
78. Конюкова М. М. Пути к накоплению органического вещества в брововых землях эродированных районов.—В кн.: Эрозия почв. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1937, с. 259—272.
79. Константинов А. Р. Испарение в природе. Л., Гидрометеоиздат, 1963, 590 с.
80. Корнев Я. В. Эрозия почвы как фактор урожайности.—В кн.: Эрозия почв. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1937, с. 187—246.
81. Костычев П. А. Почвоведение. М.—Л., Сельхозгиз, 1940, 224 с.
82. Крупенников И. А., Роговская Н. И. Влияние полимеров на структуру черноземов и урожай кукурузы. «Сб. трудов по агроном. физике», 1965, вып. 11, с. 145—149.
83. Кузнецова З. А. Опыт изучения смыва почвы.—«Земледелие», 1958, № 2, с. 46—49.
84. Кузник И. А. Влияние зяблевой вспашки на сток.—«Соц. зерновое хоз-во», 1939, № 6, с. 79—95.
85. Кузник И. А. Сток с разных сельскохозяйственных угодий и предварительные соображения о современной величине стока в Поволжье.—«Метеорология и гидрология», 1954, № 2, с. 30—35.
86. Кузник И. А. Агролесомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. Л., Гидрометеоиздат, 1962, 220 с.
87. Лопатин Г. В. Наносы рек. М., Географиз, 1952, 336 с.
88. Лоудермилк В. Ц. Почвенная эрозия и борьба с нею в США.—«Почвоведение», 1936, № 3, с. 391—402.
89. Лубовский Н. П. Новая система зяблевой обработки почвы в зашумливых районах.—«Науч. зап. Ворошиловградского с.-х. ин-та», 1956, т. 4, вып. 1, с. 39—44.
90. Львович М. И. Гидрометеорологическое действие лесных полос и принципы их размещения на полях колхозов и совхозов.—«Труды ГГИ», 1950, вып. 23 (77), с. 1—57.
91. Львович М. И. Влияние обработки почвы на сток.—«Изв. АН СССР, серия геогр.», 1954, № 5, с. 40—48.

92. Львович М. И. Человек и воды. М., Географгиз, 1963, 567 с.
93. Мажаров П. П. Микролиманы.—«Земледелие», 1958, № 1, с. 31—34.
94. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., Изд-во АН СССР, 1955, 346 с.
95. Маккавеев Н. И. О научных основах методики борьбы с эрозией.—«Эрозия почв и русловые процессы», 1970, вып. 1, с. 52—60.
96. Манилов Н. Природа эрозионных явлений в Донском районе Сталинградской области.—«Почвоведение», 1939, № 8, с. 98—104.
97. Матчанов К. С. Эрозионная неустойчивость в серых лесных крупнопылеватых почвах Придеснянской возвышенности УССР. Автореф. канд. дисс. Киев, 1962, 22 с.
98. Махлини Т. Б. Влияние полимеров на сток осадков. Автореф. канд. дисс. Л., 1966, 17 с.
99. Милановский Е. В. Геологический очерк Поволжья. М., 1927, 128 с.
100. Миронченко Ф. А. Специальные увлажнятельно-противоэрзионные приемы обработки почвы и их эффективность в условиях правобережья Нижнего Дона. Автореф. канд. дисс. Ростов, 1963, 23 с.
101. Молчанов А. А. Гидрологическая роль леса. М., Изд-во АН СССР, 1960, 487 с.
102. Мосолов В. П. Рельеф местности и вопросы земледелия.—«Докл. ВАСХНИЛ», 1948, вып. 8, с. 3—22.
103. Мосолов В. П. Углубление пахотного слоя. Сочинения, т. 4. М., Сельхозгиз, 1954, 564 с.
104. Мосолова А. И. Влияние полимеров на структуру дерново-подзолистых почв и урожайность сельскохозяйственных культур.—«Почвоведение», 1970, № 9, с. 54—64.
105. Музыченко Б. А., Толоков Н. Р. и др. Указания по проектированию комплекса противоэрзионных мелиоративных мероприятий с контурно-полосной организацией территории колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий зон недостаточного и неустойчивого увлажнения (для опытных работ). Новочеркаск, 1973, 34 с.
106. Назаров Г. В. Влияние агротехники на поверхностный сток в Саратовском Заволжье.—«Сельское хозяйство Поволжья», 1957, № 4, с. 25—28.
107. Небольсин С. И., Надеев П. П. Элементарный поверхностный сток. М.—Л., Гидрометеоиздат, 1937, 64 с.
108. Нерпин С. В., Ревут И. Б. Использование полимеров для борьбы с эрозией почв.—В кн.: Защита почв от эрозии. М., «Колос», 1964, с. 437—446.
109. Онуфриенко Л. Г. Некоторые данные о влиянии агротехнических мероприятий на склоновый сток.—«Труды УкрНИГМИ», 1956, вып. 6, с. 3—13.
110. Онуфриенко Л. Г. Весенний сток с малых водосборов в условиях овражно-балочного рельефа.—В кн.: Вопросы земледелия и борьбы

с эрозией почв в степных и лесостепных районах СССР. т. 2. Саратов, 1959, с. 425—433.

111. Поляков Б. В. Влияние агротехнических мероприятий на сток.— «Метеорология и гидрология», 1939, № 4, с. 83—88.

112. Поспелов А. М. Структура дождя при искусственном дождевании с.-х. культур.— В кн.: Дождевание, т. 3. М., 1940, с. 117—186.

113. Потапенко Я. И. Мелиоративное земледелие — основа повышения урожайности сельскохозяйственных культур.— В кн.: Защита почв от эрозии. «Колос», 1971, с. 79—95.

114. Поясов Н. П., Агафонов О. А. Роль полимеров в повышении плодородия почвы. «Земледелие», 1961, № 12, с. 70—73.

115. Преснякова Г. А. Обвалование и бороздование зяби как меры борьбы с эрозией почв и засухой.— «Почвоведение», 1955, № 2, с. 48—60.

116. Разумихин Н. В., Назаров Г. В. Смык почвы с полей в условиях Южного Заволжья.— «Труды лаборатории озероведения», т. 7. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1958, с. 82—86.

117. Ревут И. Б. Приемы создания и поддержания водопрочности макроструктуры почвы.— В кн.: Физика в земледелии. М.—Л., Физматгиз, 1960, 400 с.

118. Ревут В. И., Романов И. А. Динамика водопрочности почвенных агрегатов при различном их увлажнении и нитрифицирующая способность почвы. «Сб. трудов по агроном. физике», 1965, вып. 11, с. 112—115.

119. Решетникова А. И. Сток снежных и дождевых вод с элементарных площадок в районе Валдайской возвышенности.— «Труды НИУ ГУГМС», 1945, сер. 4, вып. 17.

120. Рихтер Г. Д. Использование снега и снежного покрова в целях борьбы за высокий и устойчивый урожай.— В кн.: Роль снежного покрова в земледелии. М., Изд-во АН СССР, 1953, с. 6—61.

121. Роде А. А. Методы изучения водного режима почв. М., Изд-во АН СССР, 1960, 244 с.

122. Рожков А. Г. Расчет земляных работ при выполнении оврагов. Кишинев, «Карта Молдовеняскэ», 1968, 34 с.

123. Румянцев В. И. Система обработки почв в засушливых районах Юго-Востока. М., «Колос», 1964, 198 с.

124. Сдобников С. С., Бакаев Н. М. О задержании талых вод в Целинном крае.— «Вестн. с.-х. науки», 1963, № 2, с. 21—26.

125. Серик Ф. П. Расчет стока ливневых вод с малых бассейнов.— В кн.: Максимальный сток с малых водооборотов. М., Трансжелдориздат, 1940, с. 285—329.

126. Сильвестров С. И. Эрозия и севооборот. М., Сельхозгиз, 1949, 142 с.

127. Сильвестров С. И. Районирование территории СССР по основным факторам эрозии. М., «Наука» 1965, 234 с.

128. Скачков И. А. Эрозия почв и борьба с нею. Воронеж, 1965.

129. Скородумов А. С. Земледелие на склонах. Киев, 1970, 427 с.

130. Сластихин В. В. Вопросы мелиорации склонов Молдавии. Кишинев, «Карта Молдовеняскэ», 1964, 212 с.
131. Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними, т. 1. М—Л., Изд-во АН СССР, 1948, 305 с.
132. Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними, т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1960, 248 с.
133. Соболев С. С. Современное состояние и задачи борьбы с эрозией почв в СССР.— В кн.: Защита почв от эрозии. М., «Колос», 1964, с. 8—38.
134. Соболев С. С., Садовников И. Ф. Борьба с водной и ветровой эрозией почв в СССР.— «Почвоведение», 1956, № 7, с. 18—29.
135. Созыкин Н. Ф. О динамике впитывания воды в почву.— В кн.: Максимальный сток с малых водосборов. М., Трансжелдориздат, 1940.
136. Субботин А. И. Сток талых и дождевых вод. М., Гидрометеоиздат, 1966, 376 с.
137. Сурмач Г. П. Изучение водопроницаемости, стока и смыва на каштановых щебнистых почвах правобережья Нижней Волги в целях их мелиорации.— «Труды Почвенного ин-та им. Докучаева», 1955, т. 48, с. 5—141.
138. Сурмач Г. П. Об условиях, определяющих поглощение почвой талых вод.— «Земледелие», 1955, № 1, с. 8—12.
139. Сурмач Г. П. Почвенно-эрзационные исследования на Среднерусской возвышенности.— В кн.: Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 70—110.
140. Сурмач Г. П. Новое в обработке почвы в сети лесных полос.— «Земледелие», 1958, № 8, с. 12—20.
141. Сурмач Г. П. Ложбинная эрозия и меры борьбы с нею в сети лесных полос.— «Сборник науч.-иссл. работ ВНИАЛМИ», 1960, вып. 28, с. 63—66.
142. Сурмач Г. П. Пути борьбы с эрозией почв в СССР.— В кн.: Итоги работы Ин-та, опытных станций и пунктов (ВНИАЛМИ). Волгоград, 1961, т. 1, вып. 35, с. 45—66.
143. Сурмач Г. П. К методике определения водопроницаемости почвы и ливневого стока.— «Почвоведение», 1962, № 11, с. 93—97.
144. Сурмач Г. П. Борьба с эрозией почвы на основе учета поверхностного стока.— «Вестн. с.-х. науки», 1964, № 8, с. 81—90.
145. Сурмач Г. П. О регулировании стока и борьбе с эрозией в защитной зоне водохранилищ на Юго-Востоке.— «Труды ВНИАЛМИ», 1964, вып. 44, с. 58—66.
146. Сурмач Г. П. О влиянии искусственного уплотнения снега на скорость снеготаяния.— «Сборник науч.-иссл. работ Клетского опорного пункта», 1964, вып. 47, с. 45—50.
147. Сурмач Г. П. О влиянии микрорельефа поверхности и глубины зяблевой пахоты на сток талых вод.— «Почвоведение», 1965, № 6, с. 103—113.

148. Сурмач Г. П. Методика изучения водорегулирующей и противоэрозионной эффективности лесных полос и агротехнических приемов. Волгоград, 1967, 39 с.
149. Сурмач Г. П. Прогнозирование стока талых вод с черноземных и каштановых почв.— «Вестник с.-х. науки», 1969, № 12, с. 53—56.
150. Сурмач Г. П. Рельефообразование и современные процессы почвенной эрозии в степном Поволжье.— «Труды ВНИАЛМИ», 1970, вып. 1(61), с. 18—138.
151. Сурмач Г. П. О распределении влаги в светло-каштановой почве с неоднородным механическим составом при различной осенней ее обработке.— «Бюлл. ВНИАЛМИ», 1970, вып. 8 (60), с. 14—21.
152. Сурмач Г. П. Водорегулирующая и противоэрзационная роль насаждений. М., «Лесная промышленность», 1971, 109 с.
153. Сурмач Г. П. К вопросу регулирования снеготаяния.— «Сборник работ Поволжской АГЛОС», 1972, вып. 7, с. 179—217.
154. Сурмач Г. П., Коблев Ю. Н. Влияние минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур на эродированных каштановых почвах.— В кн.: Химизация с.-х. Волгоградской области. Волгоград, 1965, с. 119—123.
155. Сурмач Г. П., Антипов М. Д., Бреус В. И. Простейшие способы закрепления вершин оврагов.— «Бюлл. ВНИАЛМИ», 1970, вып. 8 (60), с. 49—50.
156. Сурмач Г. П., Духнов В. К. Рекомендации по возврату сильно эродированных склоновых земель в интенсивное сельскохозяйственное пользование. Волгоград, 1972, 20 с.
157. Сус Н. И. Эрозия почв и борьба с ней. М., Сельхозгиз, 1949, 350 с.
158. Сухарев И. П. Влияние обработки почвы на сток талых и ливневых вод.— «Почковедение», 1955, № 4, с. 48—55.
159. Сухарев И. П., Сухарева Е. М. Пруды центрально-черноземной полосы. Воронеж, 1957, 213 с.
160. Сухарев И. П. Гидрологическая и противоэрзационная роль лесных полос. Воронеж, 1966, 120 с.
161. Торгушкин И. Н. Поверхностный сток как экспериментальная проблема.— «Труды ин-та экспер. гидрол и метеорол.», 1935, вып. 2 (44).
162. Трушин В. Ф. Влияние различных видов вспашки на весенний сток.— «Метеорология и гидрология», 1957, № 8, с. 38—40.
163. Указания по проектированию, устройству и эксплуатации водо задерживающих и водоотводящих валов. Киев, «Урожай», 1968.
164. Указания по проектированию противоэрзационных водозадерживающих валов в колхозах, совхозах и других с.-х. предприятий РСФСР. М., «Росгипроэз», 1970, 92 с.
165. Урываев П. А. Влияние зяблевой вспашки на сток талых вод.— «Метеорология и гидрология», 1953, № 7, с. 16—21.
166. Фалесов В. М. Определение коэффициента стока путем искусственного дождевания.— «Метеорология и гидрология», 1939, с. 98—100.

167. Федоров С. Ф. Опыт применения дождевальной установки для изучения инфильтрационной способности почв.—«Труды ГГИ», 1950, вып. 24 (78), с. 109—121.
168. Хайруллин Ш. Выровненная зябь в засушливых районах Оренбургской области. Оренбург, 1959, 72 с.
169. Харитонов Г. А. Водорегулирующая и противоэрозионная роль леса в условиях лесостепи. М.—Л., Гослесбумиздат, 1950, 76 с.
170. Харченко С. И. Методика предвычисления весеннего стока в бассейне р. Дона.—«Труды ГГИ», 1962, вып. 82, с. 3—33.
171. Цыганов М. С., Троцкий А. И. Щелевание склонов повышает урожайность трав.—«Земледелие», 1960, № 10, с. 61—65.
172. Цыкин Е. М. Исследование инфильтрационных свойств почв при помощи дождевальной установки. В кн.: Сельскохозяйственная эрозия и борьба с ней. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 111—148.
173. Цыкин Е. М. Опыт исследования водопроницаемости мерзлых почв в Заволжье.—В кн.: Сельскохозяйственная эрозия и новые методы ее изучения. М., Изд-во АН СССР, 1958, с. 162—178.
174. Чеботарев А. И., Харченко С. И. О влиянии зяблевой вспашки на сток.—«Труды ГГИ», 1962, вып. 82, с. 34—49.
175. Чернышев Е. П. Гидрологические особенности смыва почвы на территории центрально-черноземных областей. Автореф. канд. дисс. М., 1970, 33 с.
176. Шалабанов А. А. Пропускает ли воду мерзлая почва? —«Почвоведение», 1903, № 3, с. 269—274.
177. Шамшин А. С. Эрозия почв и меры борьбы с ней в колхозах и совхозах Тульской области. Автореф. канд. дисс. М., 1961, 18 с.
178. Шапошников А. П. Процессы смыва и размыва почвогрунтов в районе правобережья Среднего Днепра.—«Советская агрономия», 1940, № 10, с. 23—30.
179. Шапошников А. П. Эрозия и лесомелиорация в борьбе с ней. Сталинград, 1947, 77 с.
180. Шевченко М. А. Влияние различных приемов обработки почвы на склонах на уменьшение стока талых вод.—«Метеорология и гидрология», 1962, № 2, с. 32—37.
181. Шкула Н. К. Борьба с эрозией и земледелие на склонах. Донецк, «Донбасс», 1968, 112 с.
182. Эвентов Я. С. Геологическое строение, полезные ископаемые и газоносность Сталинградской области. Сталинград, 1948.
183. Яиковский П. О задержании снеговых вод земляными валиками, проведенными по горизонтальным.—«Журн. опытной агрономии», 1902, кн. 3, с. 348—354.
184. Vaglenn A. P., Rogers J. S. Soil physical properties to runoff and erosion from artificial rainfall.—Transactions of the ASAE, 1966, vol. 9, N 1, p. 123—128.
185. Duley F. L., Haus O. E. The effect of the degree slope on runoff and soil erosion.—Agr. Res., 1932, vol. 45, N 6.

186. Ellison W. D. Soil erosion studies. Part 2. Soil detachment hazard by faindrop splash.—Agr. Engineering, 1947, May.
187. Haffziger Z. M., Horner G. M. Erosion and runoff controlled by clodings and mulch cover.—Progress in soil and water conservation research a quataly report. U. S. Dep. agr., 1956, N 9.
188. Harley A. D. Breaking plow pan tends to reduce runoff first two years.—Progress in soil and water conservation research a quartaly report. U. S. Dep. agr., 1956, N 9.
189. Loudermilk W. C. Further studies of factors affecting surfaciel runoff and erosion.—Proceedings of the International Congress of Forestry Experimental Stations. Stokholm, 1929.
190. Loudermilk W. C. Influence of forest litter of runoff, percolation and erosion.—J. Forestry, 1930, vol. 28, N 4.
191. Wollny E. Untersuchungen über das Verhalten der atmosphärischen Niederschlage zur Pflanzen und zum Bodenforschungen. Bd 10—20, 1897.
192. Zingg A. W. Degree and length of slope as it affects soil loss.—Agr. Engineering, 1940, vol. 21, N 2, p. 17—25.

RE

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Водная эрозия почв	6
1. Размыг гидрографической сети и крутых склонов	11
2. Смыг почвы	17
Глава II. Формирование стока талых вод	29
1. Подзолистые и серые лесные почвы	38
2. Черноземы	58
3. Каштановые почвы	101
4. Сток и факторы его формирования	140
Глава III. Мероприятия по регулированию стока и борьбе с эрозией почв	159
1. Агрономические мероприятия	207
2. Лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия	233
3. Вовлечение сильноразмытых склоновых земель в интенсивное сельскохозяйственное пользование	238
Заключение	242

Список литературы

178. Шапошников А. Н. Применение мер по борьбе с размывом гидрографической сети на склонах в районах правобережья Среднего Дона.—«Академия аграрных наук СССР. Труды научно-исследовательских институтов. № 10, стр. 291—304.
179. Шапошников А. Н. Эрозия и лесомелиорация в бассейне реки Дона.—«Лесомелиорация в Ставропольском крае». Ставрополь, 1947, 77 с.
180. Шевченко М. А. Влияние различных приемов обработки склонов на уменьшение стока талых вод.—«Метеорология и гидрология». № 2, с. 32—37.
181. Шикуда Г. К. Борьба с эрозией и землемечание на склонах.—«Ленсах», 1968, 112 с.
182. Эбентов Я. С. Геологическое строение, полезные ископаемые юга Ставропольской области. Ставрополь, 1948.
183. Яиковский П. О задержании снеговых вод земляными валами, проходящими по горизонтальным.—«Журн. опытной агрономии». № 1, с. 348—354.
184. Barnesett A. P., Rogers J. S. Soil physical properties and erosion from artificial rainfall.—«Transactions of the ASAE». 1960, N 1, p. 121—128.
185. Dulley F. L., Hantz O. E. The effect of the degree slope on soil erosion.—«Agr. Rev.». 1932, vol. 45, N 6.

ГЕОРГИЙ ПАНТЕЛЕИМОНОВИЧ СУРМАЧ
ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ
И БОРЬБА С НЕЙ

Редактор А. Б. Котиковская

Художник В. В. Бабанов

Художественный редактор Б. А. Денисовский

Техн. редактор Л. М. Шишкова

Корректоры: З. Т. Тимченко, Т. Н. Черненко

Сдано в набор 8/1 1976 г. Подписано к печати 16/IV 1976 г. М-19654. Формат 60×90^{1/16}, бумага тип. № 1. Печ. л. 16,0. Уч.-изд. л. 17,92. Тираж 4000 экз. Индекс АЛ-6. Заказ № 20. Цена 1 руб. 50 коп. Гидрометеонзат. 199053. Ленинград, 2-я линия, д. 23

Ленинградская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете
Совета Министров СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли.
190000, Ленинград, Прачечный пер., 6.