

И. М. Нестеренко

ВЛИЯНИЕ АГРОМЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИИ НА ВОДНО-ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ

Систематическое повышение культуры сельскохозяйственного производства на основе широкого использования достижений агрономической науки и передового опыта, повышение урожайности и дальнейший рост площадей сельскохозяйственного использования в Карельской АССР неразрывно связаны с мелиорацией как вновь осваиваемых, так и старопахотных земель.

Олонецкая равнина занимает площадь около 18 тыс. га и является одним из основных сельскохозяйственных районов Карельской АССР.

Для разработки наиболее прогрессивных методов и способов осушения в условиях заболоченных озерно-ледниковых равнин республики в конце 1953 г. был организован опытный мелиоративный стационар в колхозе им. Калинина Олонецкого района.

ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Озерно-ледниковые отложения, как показали исследования отдела геологии Карельского филиала АН СССР, имеют значительные площади распространения в различных районах республики. Наибольшую площадь занимают отложения приледниковых озер в районе восточного побережья Ладожского озера (Олонецкая равнина), к западу от г. Петрозаводска (Шуйская депрессия) и в низовьях р. Волды (Онежско-Водлинская равнина).

Отложения приледниковых озер по своему литологическому составу довольно постоянны и представлены в первую очередь ленточными глинами, затем суглинками, супесями и реже песками.

В пределах Олонецкой озерно-ледниковой равнины коренные породы представлены архейскими кристаллическими образованиями и песчано-глинистыми кембрийскими и верхнедевонскими отложениями, глубина залегания их 80—120 м. Четвертичные отложения представлены широко развитыми озерно-ледниковыми ленточными глинами и суглинками, подстилаемыми валунными суглинками ледниковой эпохи, а также широко распространенными песчано-глинистыми отложениями, залегающими с поверхности. Образования Ладожского периода представлены сапропелитами и покровными суглинками. На значительной площади равнины на глубине 0,2—1,0 м залегает погребенная оторфованная прослойка мощностью 0,1—0,8 м.

Наиболее распространены дерново-подзолисто-глеевые, дерново-подзолисто-глееватые и дерново-болотные глеевые почвы. Тяжело- и среднесуглинистые почвы, покровные суглинки и ленточные

глины имеют чрезвычайно низкие коэффициенты фильтрации (0,0001—0,000005 см/сек).

Олонецкая равнина представляет собой плоскую низменность со средними уклонами поверхности от 0,0001 до 0,0007, что сильно усложняет отвод избыточных поверхностных вод. У берегов рек Олонки, Мегреги, Инемы и Туксы наблюдаются несколько возвышающиеся над равниной прирусловые валы. Равнину окружает кольцо болот: на севере — «Луйко-Суо», на востоке — «Задки», на юге — «Большое» и «Сармягское», которые возвышаются над минеральной частью равнины на 1,5—2,0 м.

Проведенные Ленгипроводхозом наблюдения за режимом грунтовых вод показывают, что постоянный горизонт в торфяниках поддерживается в основном за счет атмосферных осадков. Для того чтобы оградить прилегающую к болотам территорию Олонецкой равнины от подтопления, необходима система нагорных каналов. Наблюдения показывают, что существующий ловчий канал в северной части равнины значительно понижает уровень грунтовых вод.

Гидрографическая сеть представлена р. Олонкой и ее притоками — Туксой, Мегрегой с притоком Инемой. Все реки имеют хорошо разработанные русла, проходящие в высоких и крутых берегах, возвышающихся над горизонтом воды на 3—4 м. Паводковые расходы проходят в бровках реки. Территория Олонецкой равнины изрезана густой сетью магистральных каналов, уровень воды в которых подтопляется реками лишь в ранневесенний период.

Расположенная на юге республики Олонецкая равнина находится в более благоприятных климатических условиях по сравнению с северными районами.

Если на севере республики среднегодовые температуры отрицательны ($-0,5^{\circ}$), то в районе г. Олонца среднегодовая температура равна $+2,5^{\circ}$. Продолжительность вегетационного периода составляет в среднем 156 дней. Среднее годовое количество осадков за многолетний период (63 года) составляет 584 мм с колебаниями в отдельные годы от 430 мм (1951 г.) до 780 мм (1952 г.).

Для выявления распределения осадков в течение года нами были просмотрены декадные и месячные суммы осадков за период с 1928 по 1956 гг. в связи со сроками проведения сельскохозяйственных работ.

В среднем за этот период сход снега с полей приходится на середину апреля, а весенние полевые работы начинаются только через месяц, в середине мая, из-за переувлажненности почвы талыми водами. В период весеннего сева обычно испарение с поверхности сильно увлажненной почвы составляет значительную величину — около 40 мм за II и III декады. В то же время за рассматриваемый период 6 раз (в среднем один раз за 4 года) сумма атмосферных осадков за II и III декады мая значительно превышала 40 мм. В эти годы вследствие переувлажнения почвы период проведения весенних полевых работ еще более растягивался (до 10—15 июня).

Основной период роста и развития сельскохозяйственных культур в условиях Карельской АССР — июнь, июль и август. В среднем величина испарения и транспирация в течение этого периода составляет 2 мм в сутки. Месячные суммы осадков в июне—сентябре за весь период с 1928 по 1956 гг. представлены на рис. 1. На рис. 1 месячные суммы осадков в июне—августе менее средней месячной суммы испарения (60 мм) зачернены (месяцы с недостатком осадков для нормального развития сельскохозяйственных культур). Как видно из рис. 1, в течение вегетационного периода довольно часто наблюдается недостаток

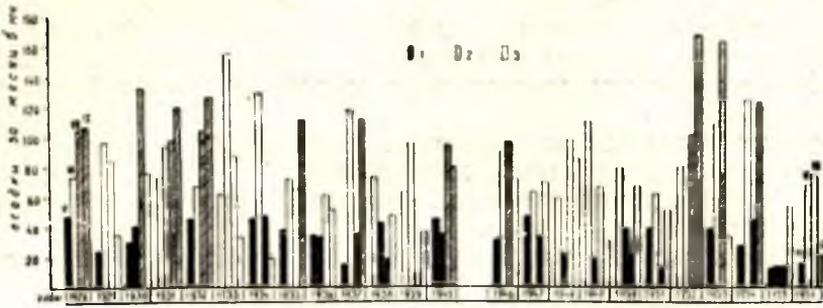


Рис. 1. Распределение осадков в июне—сентябре за многолетний период.
1 — недостаток осадков в июле—августе; 2 — избыток осадков в период уборки урожая; 3 — нормальные осадки.

осадков. Если сильно засушливые годы, когда в период вегетации наблюдается 3 засушливых месяца подряд, довольно редки (1955 г.), то двухмесячный период засухи наблюдается уже 5 раз в 24 года (21%). Наличие хотя бы одного месяца за период июнь—август с количеством осадков менее 60 мм наблюдается 21 раз в 24 года. Особенно часто засушливый период наблюдается в июне (16 раз из 24 лет наблюдений).

В августе на Олонецкой равнине начинается уборка зерновых и сев озимых, сентябрь — основной период уборки сельскохозяйственных культур. Наблюдения показывают, что в этот период выпадение осадков более 90 мм в месяц сильно затрудняет проведение озимого сева и уборочных работ. Как видно из рис. 1 (заштрихованные столбики), переувлажнение в августе—сентябре наблюдалось 11 раз в 24 года; из них 5 раз переувлажнение наблюдалось в оба месяца.

Анализ распределения осадков в течение вегетационного периода позволяет сделать следующие выводы:

1. В весенний и осенний периоды года часто выпадает значительное количество осадков, переувлажняющих почву. Поэтому мелиорации весной и осенью должны быть направлены на отвод избыточных вод с полей.

2. Часто наблюдаемый засушливый период в начале лета (июнь) ставит вопрос о необходимости регулирования влажности почвы с тем, чтобы весной создавать запас влаги, а отводить только избыточные воды.

Существующая в настоящее время густая сеть осушительных канав с расстояниями между ними 20—40 м не обеспечивает полный и своевременный отвод избыточных поверхностных вод, не создает оптимальный водно-воздушный режим, необходимый для нормального развития сельскохозяйственных культур, препятствует применению таких передовых методов агротехники, как квадратно-гнездовая посадка картофеля и овощных культур, перекрестный сев зерновых культур, способствует засорению полей сорняками, сильно снижает производительность современных сельскохозяйственных машин и механизмов.

Вот почему изучение эффективных, передовых методов осушения Олонецкой и других озерно-ледниковых равнин, характерных для КАССР, стало одной из первоочередных задач. При выборе опытных схем осушения для исследования в условиях нашей республики исполь-

зовался опыт наиболее близких нам в почвенно-климатическом отношении Ленинградской области, Латвийской, Литовской и Эстонской ССР.

На опытных участках Олонцкого мелиоративного стационара изучается возможность реконструкции старой осушительной сети канав с применением:

- а) агромелиоративных мероприятий для ускорения поверхностного стока (узкозагонная вспашка, гребневание);
- б) мелиорации подпахотного горизонта (рыхление, глубокая безотвальная вспашка);
- в) разреженного гончарного дренажа в сочетании с агромелиоративными мероприятиями;
- г) систематического гончарного дренажа.

УЗКОЗАГОННАЯ ВСПАШКА

Для изучения агромелиоративных мероприятий в конце 1953 г. был выбран участок площадью 8 га на окультуренных старопахотных подзолисто-глеевых среднесуглинистых почвах. Данная почвенная разность, расположенная вдоль берегов рек Олонки и Мегреги, занимает 13,2% площади Олонцкой равнины.

Работы в течение 1954—1955 гг. проводились в основном в направлении изучения влияния узкозагонной вспашки на сток, водно-воздушный режим почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

Наряду с изучением агромелиоративных мероприятий при существующей густой сети канав необходимо было разрешить вопрос о возможности реконструкции старой сети канав. С этой целью была запахана одна старая канава, и расстояние между канавами доведено до 80 м.

Узкозагонная вспашка проводилась на полосах шириной 80 и 40 м по схеме, при которой пашется одновременно три загона (рис. 2). Ширина загонов при узкозагонной вспашке 12—13 м. Оставшееся понижение на месте старой запаханной канавы послужило разъемной бороздой.

Контрольные полосы шириной 40 м были вспаханы всвал, как в основном пахутся все посевные площади колхоза.

В июле 1954 г. был произведен широкорядный посев озимой ржи по методу С. И. Радченко: высевалось два рядка ржи и три рядка горохо-овсяной смеси на силос; после сева на полосах с узкозагонной вспашкой были нарезаны одноконным плугом поперечные водоотводные борозды через 50—70 м. Устья поперечных водоотводных борозд и места пересечения их с разъемными бороздами очищались вручную. Осенью 1955 г. на этом участке проведена яблевая узкозагонная вспашка, весной 1956 г. — посев горохо-овсяной смеси на силос и на зеленый корм.

Кроме того, узкозагонная вспашка была проведена на ряде других площадей колхоза им. Калинина: в 1954 г. на площади 10 га под яровую пшеницу, в 1955 г. на такой же площади, а в 1956 г. на площади 17 га под посев озимой ржи.

На опытном участке проводились как одновременные наблюдения и определения основных водно-физических свойств почв и грунтов, так и стационарные круглогодичные наблюдения за атмосферными осадками, влажностью почвы, уровнем грунтовых вод, испарением с поверхности почвы и транспирацией, температурой почвы и стоком.

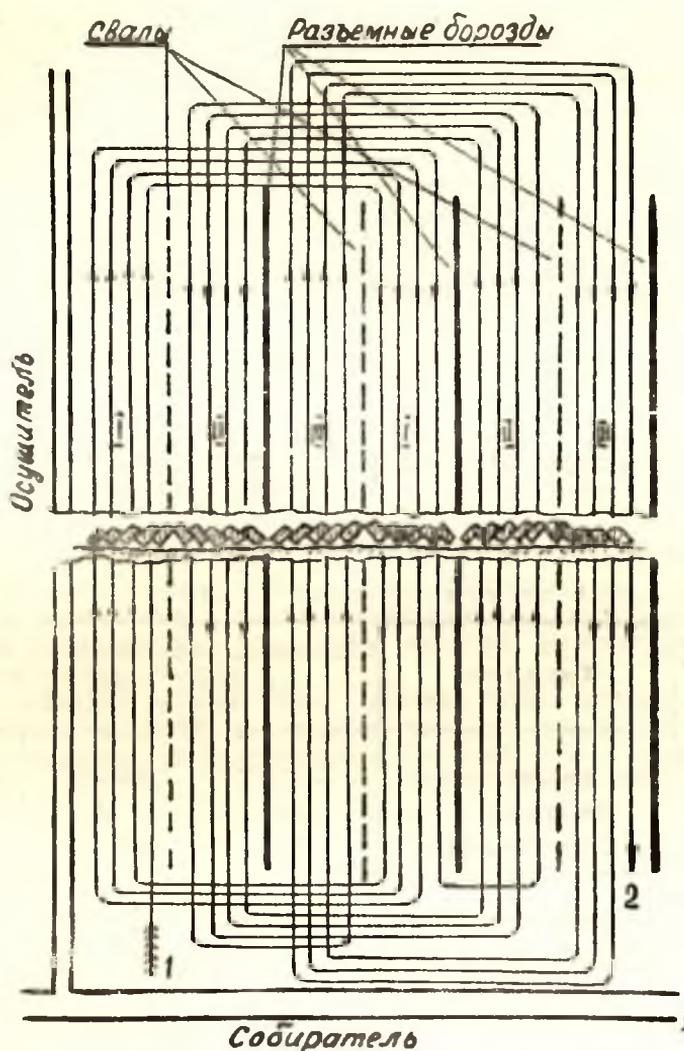


Рис. 2. Схема вспашки узкими загонами.
 1 — начало работы; 2 — конец работы; I—I — полосы, вспахиваемые при первом круге; II—II — полосы, вспахиваемые при втором круге; III—III — полосы, вспахиваемые при третьем круге.

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

За рассматриваемый трехлетний период наблюдений (1954—1956 гг.) климатические условия были различными (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что 1954 г. как по общему количеству осадков, так и по распределению их относится к чрезвычайно неблагоприятным годам избыточного увлажнения. 1955 г. был, напротив, чрезвычайно засушливым, в течение вегетационного периода ощущался острый недостаток влаги. По общему количеству осадков 1956 г. близок к 1955 г., но распределение осадков в течение вегетационного периода было более благоприятным.

Таблица 1

Год	Осадки (в мм)												Всего за год
	Месяцы												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1954	50,3	14,5	28,5	21,8	14,1	26,4	122,6	43,7	121,4	80,2	79,9	65,2	668,6
1955	57,3	37,2	34,2	27,3	58,7	12,1	13,5	13,8	53,8	88,9	61,6	19,3	477,7
1956	37,1	5,8	17,7	16,8	30,6	15,9	66,8	73,4	20,9	100,4	55,8	53,2	495,4
Средние многолетние	33	29	29	29	41	43	64	81	75	67	56	37	584

По распределению осадков в течение года можно выделить несколько периодов (табл. 2). За начало зимнего периода принята

Таблица 2

Распределение атмосферных осадков по периодам

Период	Показатели	Годы		
		1954	1955	1956
Зима	Начало и конец периода	1 XII-15 IV	1/XII-30,IV	21/XI-30/IV
	Число дней	136	151	162
	Осадки (в мм)	144,5	221,2	109,7
Весна	Начало и конец периода	16/IV-31 V	1 V-10/VI	1/V-31/V
	Число дней	46	41	31
	Осадки (в мм)	22,5	67,8	30,6
Лето засухи	Период	1/VI-11/VII	10 VI-10/IX	1 VI-20 VII
	Число дней	41	92	50
	Осадки (в мм)	34,6	33,5	34
Лето дождей	Период	12/VII-18/VIII	—	21/VII-2,IX
	Число дней	37	—	43
	Осадки (в мм)	150,8	—	131,4
Осень засухи	Период	18 VIII-11/IX	—	3,IX-27/IX
	Число дней	25	—	25
	Осадки (в мм)	23,0	—	3,0
Осень дождей	Период	11 IX-30/XI	10,IX-30 XI	28,IX-31/X
	Число дней	81	82	34
	Осадки (в мм)	265,8	201,1	109,0

дата установления устойчивого снегового покрова (в среднем — 1/XII), за конец — начало интенсивного таяния снега и стока талых вод, приходящееся на середину — конец апреля. Количество выпавших за весь этот период осадков должно быть отведено с полей после снеготаяния за 6—8 дней, чтобы не вызвать гибели или резкого снижения урожая озимых хлебов и многолетних трав, а также чтобы обеспечить более раннее начало проведения весенних полевых работ. Необходимо при этом учитывать, что на площадях, прилегающих к селениям или покрытых кустарником, запас воды в снеге может быть выше общего количества твердых осадков, выпавших за зиму. Так, в 1956 г. запас воды в снеге на опытном участке, расположенном вблизи селения, равнялся 153 мм, а количество осадков за зиму — 109,7 мм.

Весенний период — от начала интенсивного таяния снега до перехода среднесуточной температуры через 10° — непродолжителен. Затяжная холодная весна наблюдалась в 1955 г.; в мае 1956 г. шли дожди. Из-за низких температур и длительной переувлажненности почвы весенние полевые работы в эти годы проводились в основном в июне.

Во все три года в начале лета (рис. 1) наблюдались засушливые периоды (так, например, в 1956 г. за период 50 дней выпало около 30 мм осадков). Период летних дождей приходился на июль—август.

В начале осени наблюдались сухие периоды продолжительностью до 25 дней, после которых со середины сентября начинались затяжные и обильные осенние дожди.

Таким образом, и в эти годы распределение осадков в течение вегетационного периода показывает, что если в весенний и осенний периоды необходим своевременный и быстрый отвод значительного количества избыточных вод, то на период засухи в начале лета, а в отдельные годы и на все лето, необходимо создавать запас влаги в почве для обеспечения нормальных условий роста сельскохозяйственных растений.

ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВО-ГРУНТОВ

Почвы опытного участка характеризуются следующим типичным профилем:

- | | |
|---|----------------|
| А — темно-серый горизонт, среднесуглинистый, с непрочной комковатой структурой и включениями корней растений (пахотный горизонт) | 0—23 см. |
| В ₁ — зеленовато-желтоватый, среднесуглинистый горизонт, местами с большим количеством корневых трубок и охристо-ржавых пятен, плотный (подпахотный) | 23—40 см. |
| В ₂ — хорошо минерализованная погребенная оторфованная прослойка темно-серого цвета | 40—50 см. |
| С — легкий суглинок, тонкослоистый, с чередующимися слоями глины и супесей, с многочисленными корневыми трубками светло-желтого цвета (материнская порода) | 50—120 см. |
| С _г — ленточная глина, оглееная, тонкослоистая, сизовато-серая | 120 см и ниже. |

Данные анализов водно-физических свойств по всем вышеуказанным горизонтам приводятся в табл. 3.

Таблица 3

Водно-физические свойства грунтов

Горизонт	Объемный вес (в г/см ³)	Удельный вес (в г/см ³)	Порозность (в %)	Полная влагоемкость (в % по объему)	Максимальная молекулярная влагоемкость (в % по объему)
Пахотный	1,00	2,45	60,0	55,0	21,2
Подпахотный . .	1,20	2,60	53,8	47,5	19,4
Оторфованная прослойка . . .	1,07	2,50	57,5	53,0	21,0
Материнская порода	1,67	2,67	37,5	34,6	22,6

Фильтрационные свойства грунтов изучались методом Болдырева и методом восстановления воды в скважинах. Результаты определений коэффициента фильтрации по прибору Болдырева приводятся в табл. 4.

Таблица 4

Коэффициенты фильтрации, определенные по Болдыреву (в см/сек)

Пахотный горизонт	Подпахотный горизонт	Оторфованная прослойка	Материнская порода	
			супесь	глина
0,00200	0,00010	0,00360	0,00010	0,00006
0,01400	0,00200 ¹	0,00130	0,00010	0,00004
0,00200	0,00006	—	—	—
0,00370	0,00140 ¹	—	—	—
0,00200	0,00020	0,00170	—	0,000005

Данные водно-физических исследований почво-грунтов показывают, что пахотный горизонт почвы и погребенная оторфованная прослойка имеют небольшой объемный вес, высокую влагоемкость и достаточно высокие коэффициенты фильтрации. Но эти два слоя разобщены суглинком, имеющим низкую влагоемкость и малые коэффициенты фильтрации (0,00006—0,0001 см/сек).

На отдельных участках подпахотный горизонт пронизан большим количеством ожелезненных корневых трубок, оставленных отмершими корнями хвоща. Число трубок диаметром 1—3 мм достигает 600—700 штук на квадратный метр. На этих участках коэффициент фильтрации возрастает в десятки раз и достигает величины 0,002 см/сек.

Суглинки и глины имеют чрезвычайно низкие коэффициенты фильтрации (0,00005—0,000005 см/сек) и практически являются водонепроницаемыми.

¹ В подпахотном слое много корневых трубок.

Было поставлено большое число опытов по определению коэффициента фильтрации методом восстановления воды в скважинах. Результаты определения близки в пределах одного метода вычисления, но сильно отличаются при использовании различных формул. В табл. 5 приводятся значения коэффициентов фильтрации, вычисленных по разным формулам. Для сравнения приводятся также значения коэффициента фильтрации, полученного по методу Болдырева.

Таблица 5

Коэффициенты фильтрации (в см/сек) для суглинков и глин

Место определения	По формуле Х. А. Писарькова	По формуле Доната	По формуле Г. Д. Эркина	По Болдыреву	$K = \frac{5r^2}{H} \operatorname{tg} \alpha$
Полоса 2	0,000340	0,000170	0,000030	0,000065	0,000045
Полоса 2	0,000200	0,000100	0,000020	0,000065	0,000040
Полоса 3	0,000160	0,000080	0,000010	—	—
Полоса 2	0,000360	0,000180	0,000040	0,000045	0,000080
СМК 8	0,000020	0,000010	0,000001	0,000005	0,000004
СКВ 7а	0,000020	0,000010	0,000002	0,000005	0,000004
СКВ 2 (оторфованная)	0,020000	0,010000	0,001000	0,001000	0,003000

Формула Доната: $K = 16,3 \frac{r^2}{H} \operatorname{tg} \alpha$ (1)

Х. А. Писарьков уменьшил величину $a = \frac{\pi}{R \ln \frac{R}{r}}$, соответственно увеличив числовой множитель в формуле (1) в два раза (1937).

Х. А. Писарьков уменьшил величину a , исходя из данных по фильтрации грунтов, по-видимому, завышенных. Так, например, коэффициент фильтрации для почво-грунта Олонецкой равнины определен величиной 0,016 см/сек (по Роте), безусловно завышенной, о чем говорят многочисленные определения коэффициентов фильтрации, проведенные как нами, так и Ленгипроводхозом (рис. 3). При принятой Х. А. Писарьковым величине $a=0,16$ радиус влияния скважины должен быть равным $20 \cdot 10^6$ м, что не может иметь места.

По нашим наблюдениям, в суглинистых и глинистых грунтах Олонецкой равнины влияние скважины при откачке воды не успевает распространяться на расстояние свыше 1—1,5 м. В этом случае $a=1,1$, и формула Доната приобретает вид:

$$K = 5 \frac{r^2}{H} \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

При откачке в оторфованной прослойке радиус влияния достигает 10—15 м, и множитель в формуле Доната должен быть уменьшен в два раза, т. е.

$$K = 8,2 \frac{r^2}{H} \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

Известна формула Г. Д. Эркина (1940) для определения коэффициента фильтрации методом откачки в торфах:

$$K = 3,5 \frac{r^2}{H + D} \operatorname{tg} \alpha \quad (4)$$

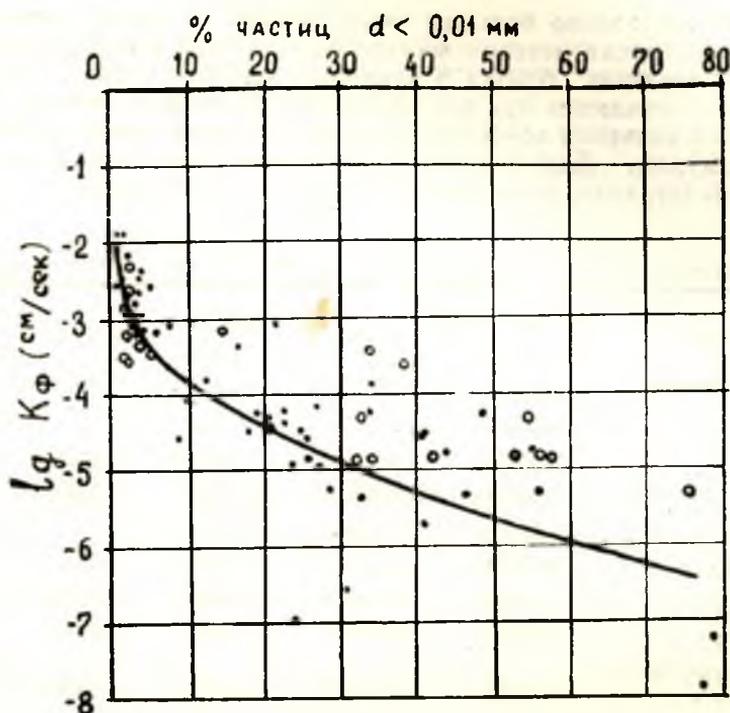


Рис. 3. Зависимость коэффициента фильтрации от механического состава грунтов.

Как следует из табл. 5, по формулам (2), (3), (4) и по методу Болдырева получены наиболее близкие значения коэффициентов фильтрации.

Из этого следует, что при определении коэффициентов фильтрации методом восстановления воды в скважинах после откачки можно пользоваться уравнением Доката с учетом величины радиуса влияния скважины в различных грунтах.

По коэффициентам фильтрации грунтов на Олонецкой равнине, определенным Ленгипроводхозом (1953, 1955) методом откачки воды из скважины в песчаных и супесчаных грунтах, по методу Болдырева, наливом воды в шурфы для суглинистых и глинистых грунтов и по механическому составу их нами был построен график зависимости логарифма коэффициента фильтрации от процента содержания частиц диаметром менее 0,01 мм, выраженного в процентах (рис. 3). Несмотря на некоторую разбросанность точек, можно установить зависимость этих величин по кривой параболической формы. На основании графика можно получить средние значения коэффициентов фильтрации для грунтов различного механического состава (табл. 6).

Безусловно, в культурном почвенном слое коэффициенты фильтрации определяются в большей степени не механическим составом, а рядом других факторов, таких, как агрегатность, способ обработки почвы и др.

Таблица 6

Зависимость коэффициентов фильтрации от механического состава грунтов

Название грунта	% содержания физической глины (0,01 мм)	Коэффициент фильтрации (в см/сек)
Глина легкая	50—70	0,0000005—0,000003
Суглинок тяжелый	40—50	0,000003 —0,000003
средний	30—40	0,000006 —0,00002
легкий	20—30	0,00002 —0,00004
Супесь	10—20	0,00004 —0,0002
Песок связный	5—10	0,0002 —0,0006

ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВЫ

В настоящее время при определении запаса продуктивной влаги, т. е. влаги, легко доступной растениям, из общего количества воды в определенном слое почво-грунта вычитают объем воды, соответствующий влажности устойчивого завядания.

Исследованиями А. Ф. Лебедева (1930), подтвержденными впоследствии рядом других работ (Волобуев, 1953; Карасев, 1940), установлено, что величина максимальной молекулярной влагоемкости близка к значению влажности завядания. Однако большинство исследователей при определении влажности завядания исходили из величины максимальной гигроскопичности.

С. Богданов, Н. А. Качинский и др. принимали величину влажности завядания, равную двойной максимальной гигроскопичности; Н. В. Лобанов применял множитель от 2 до 3 в естественных условиях и 1,5—2,0 при ослабленной транспирации (Роде, 1952); в системе гидрометслужбы (Процеров, Карасев, 1939) был принят множитель 1,34. В многочисленных исследованиях отношение коэффициента завядания к максимальной гигроскопичности колебалось от 1,2 до 3,5.

В последнее время широкое распространение получил вегетационный метод определения влажности завядания (метод проростков), а также устанавливается зависимость последней от осмотического давления почвенного раствора.

Такое многообразие методов и значительные колебания верхнего предела влажности завядания обусловлены тем, что влажность завядания является величиной переменной, зависящей от внешних условий транспирации, вида и возраста растений, осмотического давления почвенного раствора и др. Э. Рассел (1955) указывает, что «не найдется двух таких исследователей, которые дали бы согласное определение момента начала завядания растений».

В нашей работе все основные расчеты велись по определению содержания свободной воды, равного общему запасу воды в почве в процентах от объема за вычетом максимальной молекулярной влагоемкости.

Простота определения величины максимальной молекулярной влагоемкости с помощью пресса, константность ее и близость к значению влажности завядания для почв тяжелого механического состава, полученной по другим вышеуказанным методам, позволяет с достаточной точностью вычислять запасы свободной воды в почве.

Кроме того, представляется более целесообразным в качестве нижнего предела влажности почвы, обеспечивающей жизнеспособность сельскохозяйственных культур, принимать не влажность завядания, при которой начинается гибель растения, а более высокую величину.

По данным содержания свободной воды были построены изоплеты влажности в слое почвы мощностью 60 см для основного варианта опыта и контроля за 1954—1955 гг. (рис. 4).

Как видно из рис. 4, влажность почвы в весенний период на полосах с узкозагонной вспашкой устанавливается в пределах оптимальных значений (10—20% свободной воды по объему, что соответствует влажности 55—65% от полной влагоемкости) значительно раньше, чем на контроле. Так, в 1955 г. на полосе шириной 80 м оптимальная влажность установилась 16 мая, а на контроле только 22 мая. В 1956 г. весенняя обработка почвы на полосах с узкозагонной вспашкой проведена на 3—5 дней раньше и более качественно, тогда как на контроле и при более поздних сроках обработки были оставлены незасеянными отдельные сильно переувлажненные западины.

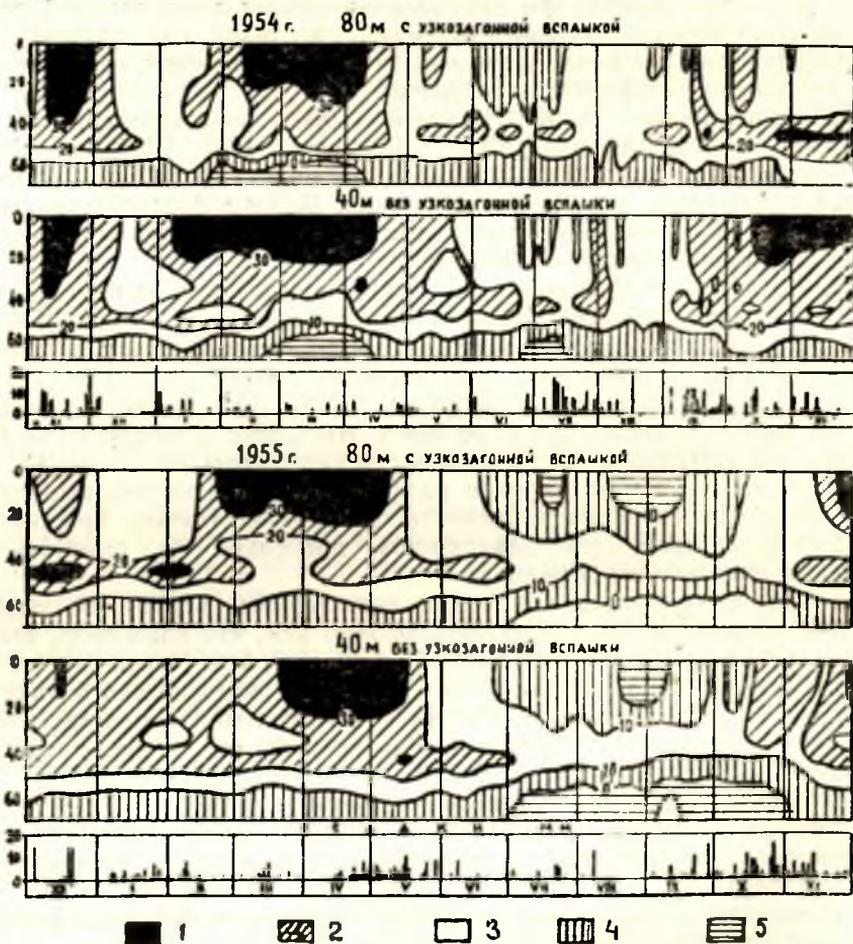


Рис. 4. Изоплеты влажности почвы за 1954—1955 гг.

Свободной воды: 1 — 30—40%; 2 — 20—30%; 3 — 10—20%; 4 — 0—10%; 5 — 10—0%.

В 1954 г. после выпадения летних дождей на полосах с узкозагонной вспашкой установился оптимальный режим влажности (10—20% свободной воды по объему), в то время как на контрольных полосах наблюдалось частичное переувлажнение пахотного горизонта почвы: В осенний период, после выпадения значительного количества осадков, на первом варианте было отмечено только кратковременное переувлажнение пахотного горизонта, в то время как на контроле содержание свободной воды сразу превысило 20%, а в октябре—30%. Наряду со значительным переувлажнением почвы на контрольных участках наблюдалось скопление воды во всех понижениях микрорельефа, что неизбежно привело к вымочкам озимых культур.

В период летней засухи в 1954 и 1956 гг. и в засушливое лето 1955 г. наблюдалось значительное иссушение пахотного горизонта почвы. Влажность опускалась до значения максимальной молекулярной влагоемкости, а в июне—августе 1955 г.— и ниже ее. Но в этот период большую регулирующую роль сыграла оторфованная прослойка, влажность которой даже в засушливый период не опускалась ниже оптимальных значений.

Озимые культуры, значительно укоренившиеся к периоду просыхания почвы, не испытывали недостатка в почвенной воде, получая последнюю из подпахотного горизонта. Но яровые культуры, посеянные в бесструктурную тяжелую почву, быстро просыхающую с поверхности, при отсутствии дождей не смогли хорошо укорениться и испытывали острый недостаток влаги.

Колебание влажности в зависимости от глубины почвы и количества выпадающих осадков в 1954 г. представлено на рис. 5.

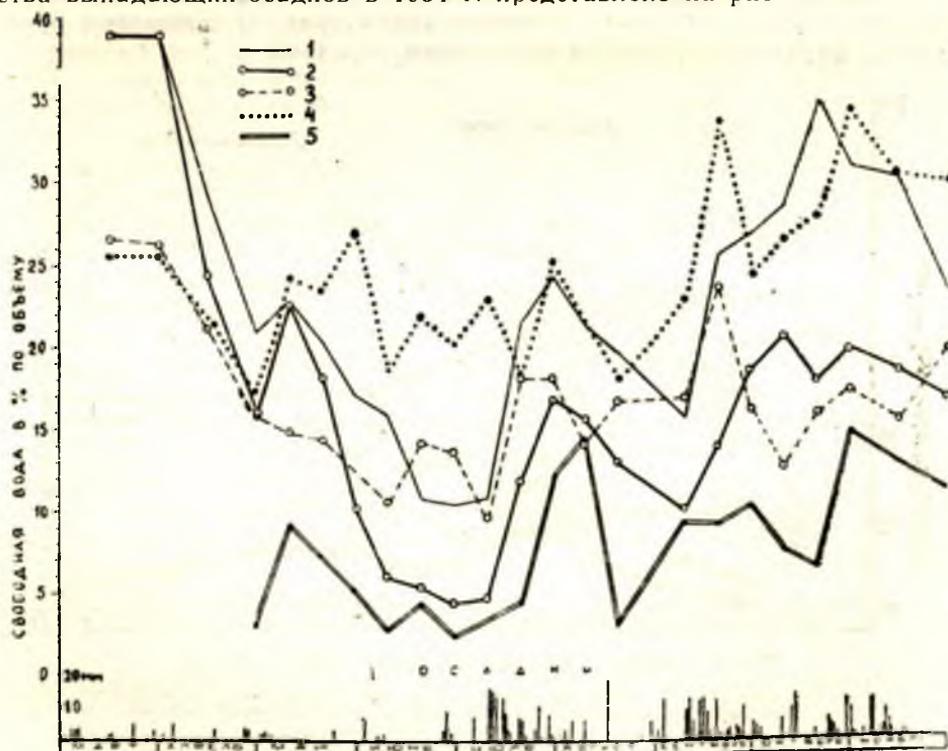


Рис. 5. Влажность почвы по горизонтам, 1954 г.

Содержание свободной воды по горизонтам: 1 — пахотный горизонт, 40 м; 2 — пахотный горизонт, 80 м с узкозагонной вспашкой; 3 — подпахотный горизонт; 4 — оторфованная прослойка; 5 — материнская порода.

Наибольшие колебания наблюдаются в пахотном горизонте, где повышение влажности происходит сразу же после выпадения осадков, при этом агромерелиоративные мероприятия значительно выравнивают эти колебания. С глубиной колебания затухают и происходят с некоторым запозданием во времени после выпадения осадков. В оторфованной прослойке влажность изменялась в небольших пределах и только в конце засушливого периода 1955 г. опустилась несколько ниже оптимальных значений на контрольных полосах. Количество свободной влаги в оторфованной прослойке (10 см) к концу засушливого периода в среднем составило 10 мм, или 100 м³ воды на гектар.

В зимний период наблюдается перераспределение влажности в первую очередь в пахотном горизонте почвы, наиболее подверженном воздействию внешних условий (температуры, промерзания, снегового покрова).

Большинство наблюдений, проведенных в основном в центральных и южных районах страны, указывают на значительное увеличение влажности почвы зимой.

Б. В. Поляков (1946), как и большинство других авторов, объясняет это перемещением водных паров из глубинных слоев почвы и конденсацией их в холодных слоях.

Отмечая наличие конденсационного процесса, Н. А. Качинский (1927) не придает ему значительной роли в изменении влажности почвы в зимний период.

В. Р. Волобуев (1953) отмечает перемещение влаги из талой почвы в нижние слои снега из-за разности температур между почвой и снегом.

Данные по влажности почвы в зимний период на Олонецком стационаре и данные Олонецкой метеостанции (рис. 6) позволяют представить динамику влажности следующим образом.

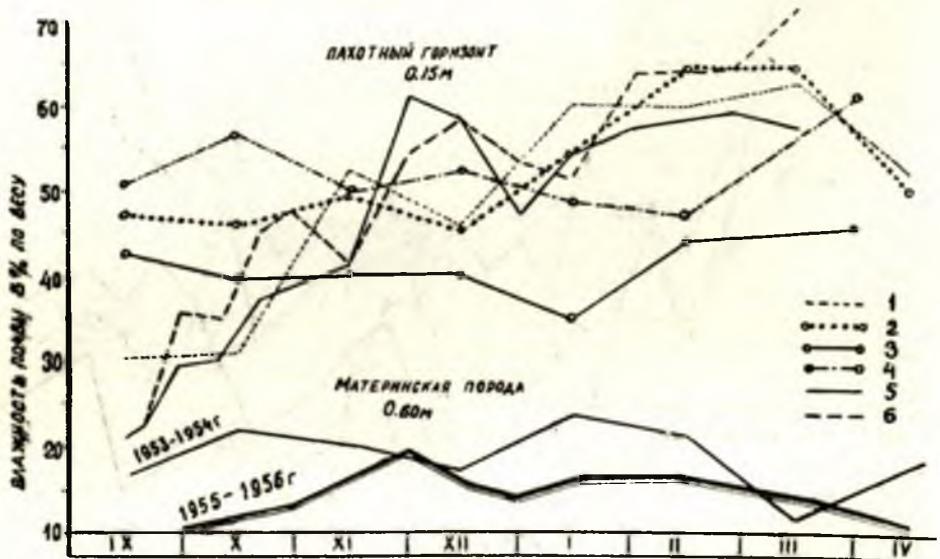


Рис. 6. Изменение влажности почвы в зимний период.

1 — 1951—1952 гг.; 2 — 1953—1954 гг.; 3 — 1954—1955 гг. (узкозагонная вспашка);
4 — 1954—1955 гг. (контроль); 5 — 1955—1956 гг. (узкозагонная вспашка);
6 — 1955—1956 гг. (контроль).

После сравнительно сухой осени (1951 и 1955 гг.), когда влажность почвы к началу зимнего периода незначительная, при наступлении

первых заморозков и промерзании верхнего слоя почвы происходит увлажнение верхних холодных горизонтов почвы за счет конденсации паров воды, поднимающихся из нижних более теплых горизонтов. К концу декабря—началу января, когда снежный покров достигает значительной глубины, что при незначительных среднемесячных температурах в первую половину зимы не вызывает сильного промерзания почвы, а местами почва остается еще талой, происходит перемещение влаги из верхнего горизонта почвы в снег с образованием подснежного фирна. С наступлением постоянных низких температур и значительным уплотнением снега во вторую половину зимы происходит повышение влажности в верхних горизонтах почвы за счет конденсации и достижения величины полной влагоемкости к началу снеготаяния.

В том случае, когда снег выпадает на сильно переувлажненную почву, до наступления сильных морозов происходит понижение влажности в верхних горизонтах почвы как за счет конденсации влаги в снежном покрове, так и за счет оттока и понижения уровня грунтовых вод. В теплую зиму 1954/1955 гг. при наличии мощного снегового покрова почва промерзла всего на 10—20 см, и до февраля наблюдалось снижение влажности с выравниванием последней по обоим вариантам опыта (узкозагонная вспашка и контроль). В феврале и особенно в конце марта с увеличением промерзания произошло повышение влажности почвы.

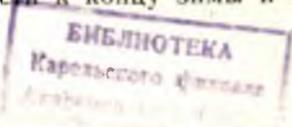
По наблюдениям Я. Е. Уйска (1955), внутрипочвенное обледенение, аккумуляция значительных количеств воды в мерзлой почве происходит сильнее в конце зимы, причем образование льда усиливается при высоком стоянии уровня грунтовых вод. Как показывают наши наблюдения, перемещение влаги в виде водяных паров при глубине залегания грунтовых вод до 2—3 м незначительно. Обычно хорошо выраженное кристаллическое строение льда наблюдается лишь в крупных порах пахотного горизонта почвы и в корневых трубках, пронизывающих подпахотный горизонт. При увеличении промерзания почво-грунтов во вторую половину зимы вода, поднимающаяся по капиллярам, замерзает в форме горизонтальных прослоек льда в зоне переохлаждения. По мере опускания нижней границы зоны промерзания появляются новые прослойки льда, образование которых начинается в горизонтальных трещинах грунта.

Значительное повышение влажности наблюдается в слое почвы толщиной 5—10 см на границе оторфованной прослойки и подпахотного горизонта. Здесь конденсация влаги происходит в виде горизонтальных прослоек льда толщиной до 3—5 мм (рис. 7).

Увлажнение верхних горизонтов почвы во вторую половину зимы за счет поднятия воды из нижележащих горизонтов подтверждается иссушением последних (рис. 6). Так, во вторую половину зимы 1954 г. наряду со значительным повышением влажности в пахотном горизонте почвы наблюдалось снижение влажности на глубине 60 см с 24 до 11% по весу, в 1956 г. влажность в этом горизонте снизилась с 18% в декабре до 10% в апреле.

Характер замерзания и промерзания почвы, изменение влажности в зимний период имеет важное гидрологическое значение. Значительное промерзание почвы с повышением влажности до полной влагоемкости и выше ее увеличивает коэффициенты стока.

Агрономелиоративные мероприятия, снижая влажность почвы в осенний период, обеспечивают более благоприятный режим влажности в зимний период, при котором происходит постепенное нарастание влажности к концу зимы и замерзание воды в тяжелых суглинистых



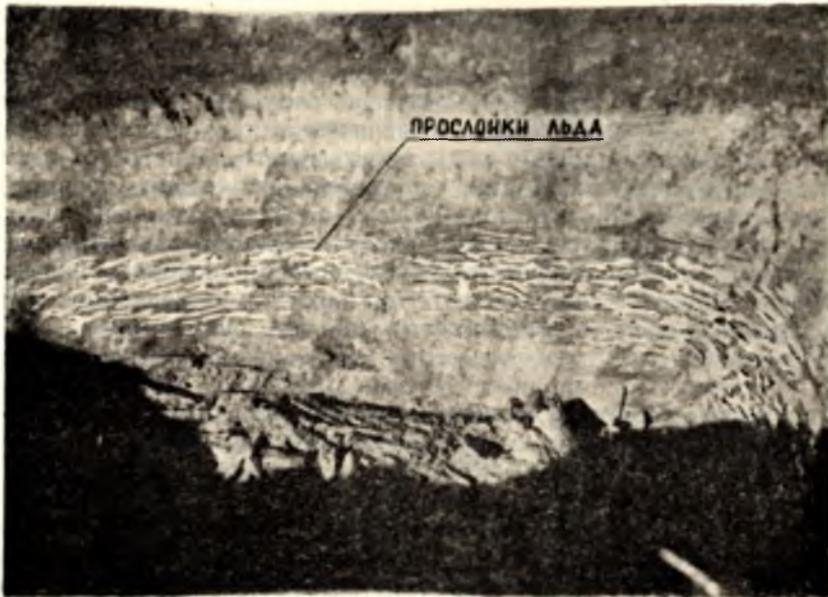


Рис. 7. Прослойки льда в мерзлой почве.

почвах в форме горизонтальных напластований многочисленными микро- и макрослоями.

При конденсации влаги в пахотном горизонте почвы на полосах с агроメリоративными мероприятиями часть пор остается свободной, не занятой кристаллами льда. Если к тому же осенью проведена зяблевая вспашка, почва была хорошо разрыхлена, но не переувлажнена благодаря отводу избыточных вод, то объем пор в пахотном горизонте почвы значителен. Весной 1956 г. наполнением шурфов, вырубленных в мерзлой почве, определялась водопроницаемость; она достигла $0,1 \text{ см/сек}$.

Коэффициенты фильтрации мерзлого подпахотного горизонта по опытам 1957 г. оказались равными $0,00001 \text{ см/сек}$, т. е. в 10 раз ниже, чем в летний период. До полного оттаивания подпахотного суглинка инфильтрация через него затруднена. При проведении агроメリоративных мероприятий на данном участке (опыт 1956 г.) вода быстро проникала в почву и по пахотному горизонту стекала в понижения, в борозды. Следовательно, хорошо выполненные поперечные водоотводные борозды начинают работать сразу же с началом таяния снега и обеспечивают быстрый своевременный сброс избыточных поверхностных вод и установление оптимального режима влажности почвы.

ИСПАРЕНИЕ

Наблюдения за испарением с поверхности почвы и транспирацией растениями проводились в течение 1954—1956 гг. по испарителям Попова, а в 1956 г. дополнительно по испарителям малого объема (800 см^3) — микроиспарителям. Кроме того, использованы данные Олонецкой метеостанции по испарителям ГГИ-500. Достаточно частая смена монолитов (через 10—15 дней в испарителях Попова и через

2—3 дня в микроиспарителях), сохранение растительности в монолитах и установка испарителей без значительного нарушения естественных условий — все это позволило получить достаточно точные и близкие в нескольких повторностях данные (табл. 7). Как следует из табл. 7, при значительном увлажнении почвы осадками данные по испарителям Попова и микроиспарителям даже несколько выше полученных по испарителям ГГИ-500. В осенний период испарители ГГИ-500, наоборот, показывают завышенные величины, которые не увязываются ни с температурой, ни с осадками.

Таблица 7

Среднесуточная величина испарения (в мм), 1956 г.

Месяц	ГГИ-500	По испарителям Попова	По микроиспарителям					контроль		Осадки (в мм)	Среднемесячная температура воздуха (в °С)
			полоса 80 м с узкозагонной вспашкой								
			1	2	3	4	5	6	7		
Июнь (III декада)	2,54	2,70	2,40	2,30	1,90	2,1	—	—	2,10	14,2	16,6
Июль . . .	1,65	2,05	1,95	1,85	1,85	2,5	2,40	—	—	66,8	13,7
Август . .	1,60	1,90	1,60	1,65	1,50	1,8	1,60	1,9	1,75	73,4	12,8
Сентябрь .	1,85	0,90	0,80	1,25	0,80	0,9	1,20	1,3	1,40	20,9	7,4

В засушливый период (III декада июня) микроиспарители дают несколько меньшие величины испарения и транспирации по сравнению с испарителями Попова, в условиях же достаточного увлажнения и при частой смене микроиспарители (при неглубоком расположении корней растений) работают хорошо и могут быть рекомендованы для проведения наблюдений наряду с испарителями Попова.

Комплект испарителей Попова (эвапорометр, сменный и постоянный лизиметры) позволяет наряду с испарением определять величины конденсации, просачивания и капиллярного поднятия (табл. 8).

Таблица 8

Испарение, конденсация, просачивание и капиллярное поднятие за вегетационные периоды 1954 и 1955 гг.

Год и период наблюдений	Варианты опыта	Испарение		Конденсация		Просачивание		Капиллярное поднятие	
		сумма (в мм)	мм/сутки	сумма (в мм)	мм/сутки	сумма (в мм)	мм/сутки	сумма (в мм)	мм/сутки
1954 (с 25 VI по 19, X)	Узкозагонная вспашка на полосе шириной 80 м	155,1	1,7	36,0	0,32	138,7	1,7	37,5	0,34
	Контроль (40 м) . .	174,2	2,0	30,5	0,29	91,2	1,5	72,4	0,68
1955 (с 16 V по 30, X)	Узкозагонная вспашка на полосе шириной 80 м	202,8	1,4	35,7	0,22	144,5	1,5	57,6	0,35
	Контроль (40 м) . .	211,7	1,5	38,6	0,23	125,5	1,3	37,6	0,23

Из табл. 8 следует, что испарение с контрольных полос выше, что объясняется большей увлажненностью последних по сравнению с полосами, на которых проведены агрономелиоративные мероприятия. Наоборот, процессы конденсации, просачивания и капиллярного поднятия на полосах с узкозагонной вспашкой идут несколько интенсивнее, чем на контроле.

Сравнение полученных месячных величин испарения с вычисленными величинами испарения по графикам Б. В. Полякова и А. С. Конторщикова показывает достаточную близость вычисленных и фактических значений (рис. 8) в отдельные месяцы.

Благодаря возможности использования вышеуказанных графиков имеющиеся данные по испарению за вегетационный период дополнены испарением за осенне-зимний период и получены величины испарения за год (табл. 9).

Следовательно, в засушливое лето 1955 г. испарение по сравнению с более влажным 1954 г. уменьшилось приблизительно на 70 мм. С прекращением осадков и высыханием пахотного горизонта почвы испарение в июле 1955 г. резко сократилось — до 26—28 мм по сравнению с 75 мм в июне того же года.

На долю испарения, по данным 1954—1956 гг., приходится величина от 50 до 60% от общего количества осадков.

Поэтому важное значение в годовом балансе влаги приобретает поверхностный сток.

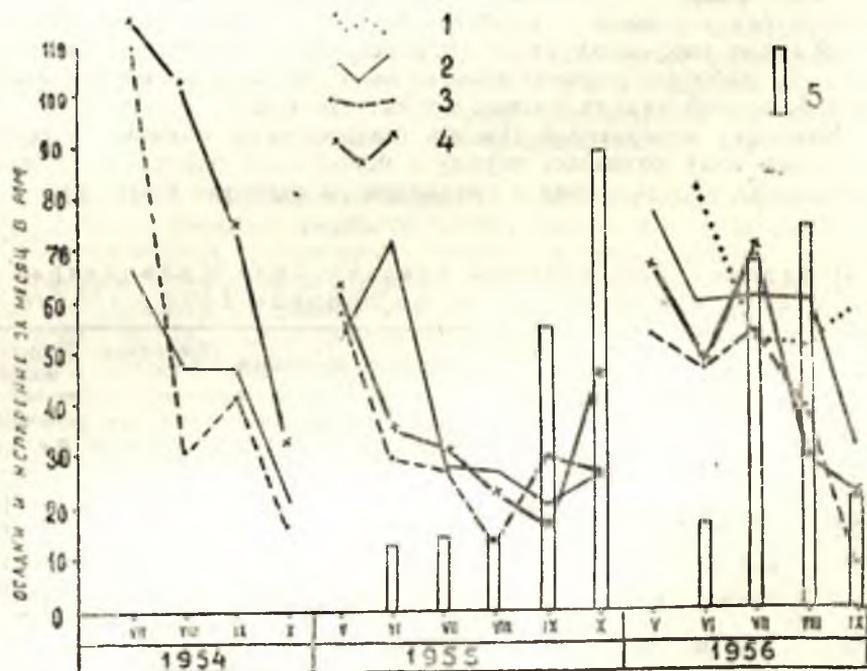


Рис. 8. Графики испарения с поверхности почвы.

1 — по испарителям ГГИ-500; 2 — по испарителям Попова; 3 — по графикам Полякова; 4 — по графикам Конторщикова; 5 — осадки.

Таблица 9

Испарение по месяцам (в мм)

Год	Варианты опыта	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Сум- ма за год
1954	Узкозагонная вспашка . . .	3	2	8	15	50	53,0	65,0	47,0	47,0	22,0	2	2	316,0
	Контроль . . .	3	2	8	15	50	53,0	67,0	66,0	48,0	31,0	2	2	343,0
1955	Узкозагонная вспашка . . .	4	3	3	10	52	71,1	28,2	27,2	19,3	26,2	6	1	251,0
	Контроль . . .	4	3	3	10	61	75,8	26,6	22,2	21,0	26,9	6	1	270,5
1956	Среднее . . .	3	1	3	12	76	55,0	59,0	60,0	27,0	21,0	5	2	324,0

СТОК

Поверхностный сток при существующей на Олонецкой равнине осушительной сети, отсутствии дополнительных мероприятий и ухода за сетью при слабых уклонах составляет незначительную величину.

Проведение узкозагонной вспашки и поперечной сети водоотводных борозд значительно увеличивают поверхностный сток.

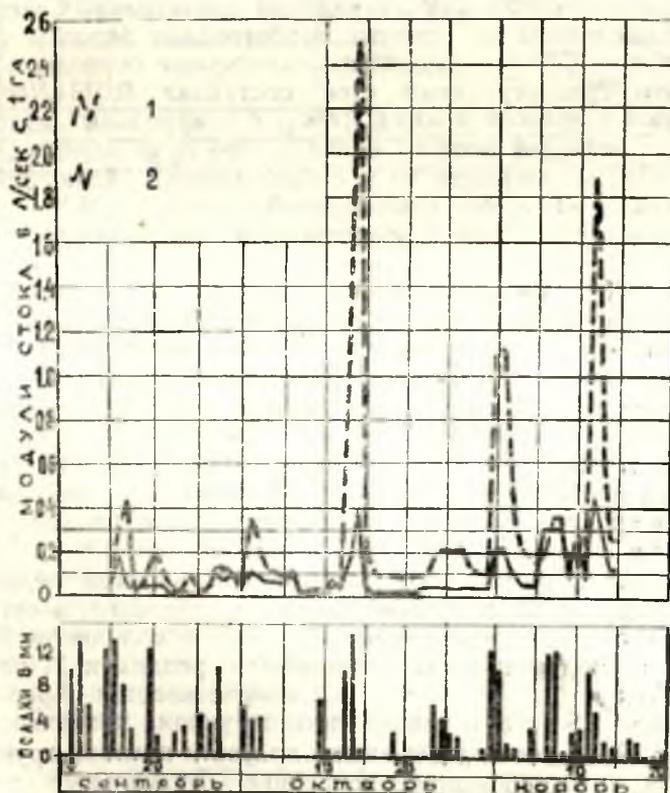


Рис. 9. Поверхностный сток, 1954 г.

1 — канавы через 80 м с узкозагонной вспашкой;
2 — канавы через 40 м. без узкозагонной вспашки.

Осенью 1954 г. поверхностный сток на участках с проведенными агрономелиоративными мероприятиями увеличился примерно в 3 раза по сравнению с контрольными полосами, где агрономелиоративные мероприятия не были выполнены. В отдельные дни, при выпадении большого количества осадков, модули стока на полосах с узкозагонной вспашкой достигали 2,5 л/сек с 1 га, в то время как на контрольных полосах они не превышали 0,4 л/сек с 1 га (рис. 9). Среднемесячные величины модулей стока за осенний период 1954 г. приводятся в табл. 10.

Таблица 10

Модули стока (в л/сек с 1 га). Осень 1954 г.

Варианты опыта	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Среднее за осень
Узкозагонная вспашка	0,115	0,280	0,43	0,275
Контроль	0,052	0,058	0,19	0,100

В 1955 г. за период с 8 по 17/V сток с полос с узкозагонной вспашкой был выше, чем с полос без узкозагонной вспашки, и составлял соответственно 0,87 и 0,68 л/сек с 1 га, несмотря на то, что в начале весны на контрольных полосах для ликвидации значительных вымочек колхозом были проведены выборочные водостводные борозды.

За период с 17/V по 1/VI, когда выборочные борозды на контроле были закрыты, среднесуточный сток составлял 0,023 л/сек с полос с узкозагонной вспашкой и 0,013 л/сек — с контрольных полос.

Средний весенний модуль стока в 1956 г. за период с 6 по 30/V составил с полосы шириной 40 м с узкозагонной вспашкой 0,3 л/сек с 1 га, с полосы 40 м без узкозагонной вспашки — 0,1 л/сек с 1 га, т. е. как и для осени 1954 г. узкозагонная вспашка увеличила сток в среднем в три раза.

Весной 1956 г. на одном из осушителей, расположенном между полосами с узкозагонной вспашкой, у водослива для регистрации колебания стока в течение суток был установлен самописец уровня.

Как видно из рис. 10, поверхностный сток значительно изменяется в течение суток и в ранневесенний период, когда происходит таяние снега и оттаивание мерзлого грунта. Сток зависит как от выпадающих осадков, так и от температуры воздуха. Если температура воздуха в этот период достигает максимума к 12 часам, то максимум стока приходится в среднем на 16 часов, а затем происходит постепенное понижение стока к ночи.

На участках с проведенными агрономелиоративными мероприятиями выпавшие осадки быстро сбрасываются в осушительную сеть. Рис. 11 показывает, что осадки, выпавшие в 10 часов в количестве 2,2 мм, повысили сток по поперечным водоотводным бороздам к 11 час. 30 мин. с 0,4—1,6 л/сек до 0,6—2,5 л/сек, чем обеспечивается сброс выпавших осадков за 0,5—2,5 часа, в зависимости от уклона поверхности.

В 1956 г. были поставлены опыты по учету притока грунтовых вод к осушителям по оторфованной прослойке. Визуальные наблюдения показали, что на больших площадях Олонецкой равнины, где оторфованная прослойка на глубине 40—60 см пересечена осушителями, в период оттаивания грунтов и нахождения грунтовых вод близко

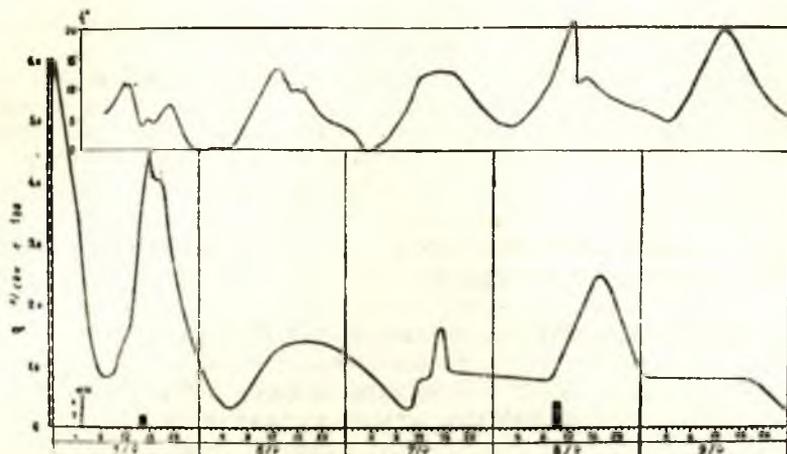


Рис. 10. Ход поверхностного стока.

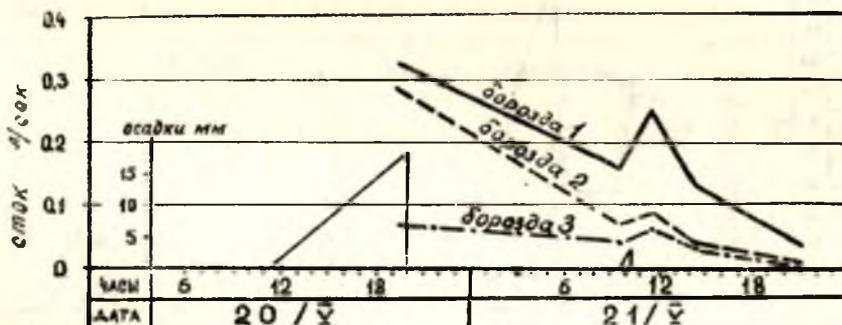


Рис. 11. Сток по поперечным бороздам.

к поверхности (20—40 см) происходит приток воды по прослойке на всем протяжении канав, причем в некоторых местах вода стекает по отдельным ходам в виде непрерывной струйки.

Для количественного учета притока воды весной 1956 г. на откосах осушителей выделялись площадки длиной 0,5 м. В суглинках и глинах ниже оторфованной прослойки устраивались воронки и устанавливались сосуды для сбора воды, стекающей по воронке из оторфованной прослойки. Результаты определений стока за 1956 г. показывают, что величина внутреннего стока составляет в среднем 0,02 л/сек на 1 погонный км длины канавы (с одной стороны) и достигает иногда величины 0,1 л/сек. Следовательно, при расстоянии между осушителями 40 м модули стока за счет внутреннего притока по оторфованной прослойке увеличиваются в среднем на 0,10 л/сек с 1 га, т. е. сильно минерализованная прослойка отводит незначительное количество воды (до 17 мм за период 20 дней), избыточные воды отводятся с полей поверхностным стоком.

Весной 1957 г. были организованы наблюдения за стоком из более мощной (до 20 см) и менее минерализованной оторфованной прослойки. Для наблюдений использовались лотки из жести длиной 0,5 и 1,0 м, помещаемые ниже оторфованной прослойки и полностью

перехватывающие приток воды по ней. Поблизости был установлен плювиограф для наблюдений за осадками. На рис. 12 представлены данные по стоку и осадкам. Как видно из рис. 12, сток из оторфованной прослойки значителен и достигает $1,1 \text{ л/сек}$ на 1 погонный км канавы. После отвода талых избыточных вод при выпадении осадков от 5 до 8 мм сток на отдельных участках повышался на второй день до $0,8\text{--}0,9 \text{ л/сек}$ на 1 погонный км . Средняя величина стока за весенний период составила $0,18 \text{ л/сек}$ на 1 погонный км , или модуль внутреннего стока составлял $0,9 \text{ л/сек}$ с 1 га . Это значит, что при такой величине модуля стока оторфованная прослойка способна отвести за 20 дней до 150 мм осадков. Если же учесть, что с I/XII по I/VI по среднегодовым данным выпадает около 200 мм осадков, а испарение составляет около 100 мм , то становится ясным, что мощная оторфованная прослойка может обеспечить сброс избыточных вод и при больших расстояниях между открытыми канавами, что подтверждается практикой.

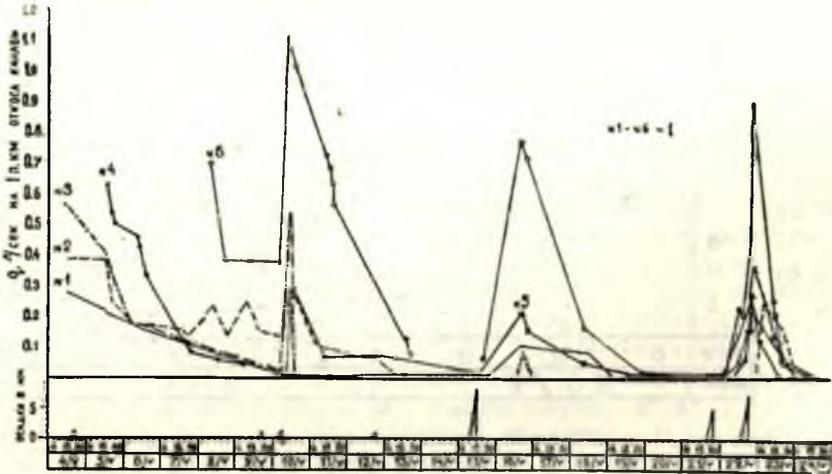


Рис. 12. Сток из оторфованной прослойки.

1—7 — номера опытов по замеру стока.

В 1956 г. в колхозе им. Калинина на землях с мощной оторфованной прослойкой, к тому же трещиноватой, открытая сеть была проведена через 80 и 160 м . Весной 1957 г. эти площади раньше других освободились от талых вод, были своевременно обработаны, проведено глубокое рыхление подпочвы. На полосе шириной 160 м (11 га) была проведена квадратно-гнездовая посадка картофеля (навоз на поле не вносился). Урожай картофеля составил около 100 ц с 1 га . Лишь поздней осенью здесь наблюдалось некоторое переувлажнение пахотного слоя почвы.

Таким образом, мощная оторфованная, прослойка при наличии водопроницаемого подпахотного слоя (либо пронизанного корневыми трубками после трав, либо взрыхленного на всю глубину рыхлителями) обеспечивает отвод избыточных вод при расстояниях между осушителями в 80 и даже до 160 м .

На площадях с менее выраженной оторфованной прослойкой основную роль играет обеспечение поверхностного стока с помощью системы агромелиоративных мероприятий, повышающих величину поверхностного стока до 250 мм в год против 150 мм в контроле.

ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ

Наблюдения за уровнем грунтовых вод велись по смотровым колодцам и скважинам, заложенным на глубину 1,5—3,0 м. Часто в летние месяцы наблюдения прерывались, так как уровень грунтовых вод опускался ниже дна смотровых колодцев.

Построенные графики колебания уровней грунтовых вод по средним смотровым колодцам за 1954 г. (рис. 13) и за 1955 г., а также наблюдения по всем смотровым колодцам за 1954—1956 гг. показывают, что в период летнего просыхания происходит равномерное опускание уровня грунтовых вод со средней скоростью 3,2 см/сутки.

Расчеты показывают, что в этот период снижение уровня грунтовых вод происходит в основном за счет испарения поднимающейся по капиллярам воды. В этом случае для периода летнего просыхания можно рассчитать глубину стояния уровня грунтовых вод через t суток, если известен уровень стояния грунтовых вод h_1 в данный момент: $h_t = h_1 + k_1 t$, где k_1 — скорость опускания уровня грунтовых вод под действием испарения в см/сутки.

Для почв Олонецкого мелиоративного стационара величина k_1 колеблется от 2,9 до 3,3 и равна в большинстве случаев 3,2 см/сутки.

Расчеты по приведенному уравнению можно проводить только до глубин, не превышающих высоту капиллярного подъема в данных почвах, т. е. для Олонецкого мелиоративного стационара до 2,5—3,0 м. Это подтверждается наблюдениями 1956 г. по скважинам, заложенным на глубину до 3,5 м. К 1/VIII во всех скважинах уровень грунтовых вод достиг глубины 290—300 см. С 1 по 20/VIII наблюдалось незначительное понижение уровня грунтовых вод (порядка 15—20 см), т. е. скорость опускания уровня грунтовых вод снизилась до 0,7—1,0 см/сутки ввиду нарушения капиллярной связи между уровнем грунтовых вод и испаряющей поверхностью почвы. По этой же причине выпавшие в III декаду августа обильные осадки (53,8 мм) не вызвали подъема уровня грунтовых вод; по-прежнему наблюдалось медленное понижение их.

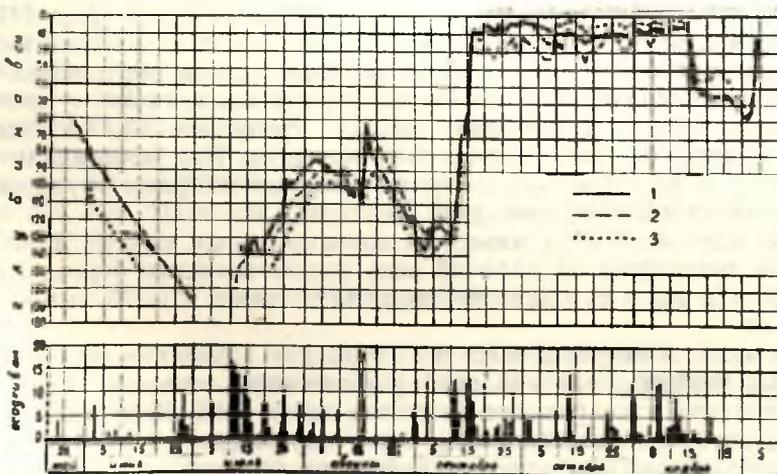


Рис. 13. Колебание уровня грунтовых вод за 1954 г.

1 — открытые каналы через 80 м с узкозагонной вспашкой; 2 — через 40 м с узкозагонной вспашкой; 3 — через 40 м без узкозагонной вспашки.

Наблюдения за уровнем грунтовых вод на метеостанции (колхоз «Искра») по колодезю, заложенному на глубину 2,5 м, также показывают, что опускание уровня грунтовых вод с постоянной скоростью 1,5—2,0 см/сутки происходит до той глубины, когда прекращается капиллярная связь с верхним слоем почвы (200 см), в последующем уровень грунтовых вод изменяется очень мало.

После выпадения значительного количества осадков во II декаду июля 1954 г. и в сентябре 1955 г. наблюдался быстрый подъем уровня грунтовых вод. В том случае, если между уровнем грунтовых вод и поверхностью почвы существует водная связь по капиллярам, подъем уровня грунтовых вод происходит в основном в течение суток после выпадения значительного количества осадков, при этом 1 мм осадков вызывает подъем уровня грунтовых вод на 9—12 мм, иногда до 17 мм. Из рис. 13 видно, что в осенний период 1954 г. уровень грунтовых вод на контрольных полосах и на полосах с узкозагонной вспашкой, но без поперечных борозд, поднялся по поверхности почвы; на 80-метровой полосе с узкозагонной вспашкой — колебания на уровне подошвы пахотного горизонта. При этом если непосредственно после выпадения осадков и происходил подъем воды до середины пахотного горизонта, то по прекращении осадков в течение суток верховодка сбрасывалась.

С наступлением морозов наблюдается интенсивное снижение уровня грунтовых вод со скоростью 2,5—3,0 см/сутки, т. е. близкой к скорости опускания вод в летний период. Зимнее понижение уровня грунтовых вод наряду с увеличением влажности пахотного горизонта почв происходит за счет капиллярного поднятия и конденсации влаги в верхних слоях почвы.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЗКОЗАГОННОЙ ВСПАШКИ

Узкозагонная вспашка не требует значительных дополнительных затрат труда, облегчает работу тракториста на узких полосах (40 м), т. к. устраняет необходимость петлевого движения трактора при начале вспашки всвал.

При проведении поперечных борозд конным плугом (рис. 14) с расстояниями между бороздами 40—50 м на участках с сильно выраженным микрорельефом с расчисткой вручную устьев поперечных борозд в местах пересечения с разъемными бороздами, а также с прочисткой поперечных борозд в весенний период требуется 60 человеко-дней и 16 коне-дней на 100 га осушаемой площади. При проведении борозд через 70 м и на более выравненных участках затраты труда составят 45 человеко-дней и 12 коне-дней.

При нарезке борозд навесным однокорпусным плугом на тракторе У-2 один тракторист за рабочий день может провести борозды на площади 20—25 га, а суммарные затраты составят 20—25 человеко-дней на 100 га.

На полосах шириной 80 м и больше для нарезки поперечных водоотводных борозд после зяблевой узкозагонной вспашки применялись однокорпусные кустарниково-болотные плуги ПКБ-56 на тяге трактора ДТ-54. За рабочий день борозды были нарезаны на площади до 30 га. Но в этом случае необходимы значительные ручные доделочные работы по устройству устьевых воронок и очистке борозд. Один человек выполняет эту работу на площади 6—7 га за рабочий день. Для более полной механизации нарезки поперечных водоотводных борозд, для



Рис. 14. Проведение поперечных водоотводных борозд конным плугом.

обеспечения лучшей проходимости через борозды других сельскохозяйственных орудий необходимы специальные бороздоделы, которые должны быть в каждой МТС.

В 1954 г. на полосах с узкозагонной вспашкой был получен урожай зеленой массы на силос 165—173 ц/га, на контроле — 126 ц/га. Благодаря проведению узкозагонной вспашки на другом поле была обеспечена уборка урожая яровой пшеницы комбайном, в то время как на контрольных полосах уборка проведена жаткой, и потери урожая составляли 3,5 ц на 1 га.

Озимая рожь после укоса зеленой массы в осенний период 1954 г. была использована для пастьбы скота, поэтому урожай озимой ржи был низкий, но на полосах с узкозагонной вспашкой сбор зерна превысил в два раза сбор с контрольных полос. Благодаря проведению зяблевой узкозагонной вспашки весенние полевые работы в 1956 г. на полосах шириной как 40, так и 80 м были проведены на 3—5 дней раньше и более качественно; урожай зеленой массы гороха и овса на силос на полосе в 80 м составил 113 ц/га при урожае на контроле 86 ц/га. Через месяц был проведен вторичный укос, который дал до 40 ц зеленой массы с 1 га.

ГРЕБНЕВАНИЕ

Одним из наиболее старых агромелиоративных мероприятий является гребневание озимых посевов, широко распространенное на Олонецкой равнине.

Зерновые культуры при гребневании меньше страдают от избытка влаги и дают более высокий урожай. Так, в колхозе им. Сталина Олонецкого района в 1947 г. на полосах с гребневанием был получен урожай озимой ржи 22 ц с 1 га, в то время как рядом на полосах без гребневания — 18,9 ц с 1 га.

Гребни нарезались либо одновременно с посевом озимых культур специально оборудованными тракторными сеялками, либо после сева тракторными окучниками, например, КОН-2,8.

При гребневании, как и при узкозагонной вспашке, необходимо обязательно проводить поперечные водоотводные борозды, без которых это мероприятие не дает эффекта. При этом гребневание имеет то большое преимущество, что поперечные водоотводные борозды, пересекающие в основном гребни и не заглубляющиеся в почву между гребнями, значительно меньше препятствуют механизированной обработке.

В 1954 г. в колхозе им. Калинина гребневание озимых посевов было проведено на больших площадях. Но лишь на небольшой площади были проведены конным плугом поперечные водоотводные борозды через 70—80 и 100—150 м. Весной 1955 г. на тех полосах, где поперечные борозды не были проведены, гребни расплылись, так как одно гребневание лишь способствовало большему задержанию воды, и на отдельных полосах вымочки занимали до 50% площади.

Поперечные борозды значительно ускорили сброс талых вод, но расстояния между ними в 100—150 м оказались большими в условиях тяжелых минеральных почв равнины. Необходимы расстояния 50—80 м, как и при проведении поперечных борозд при узкозагонной вспашке.

Осенью 1955 г. гребневание озимых посевов было проведено на больших площадях во многих колхозах Олонецкой равнины. В колхозе им. Сталина после гребневания на всех площадях конными плугами были нарезаны поперечные водоотводные борозды, что значительно сократило вымочки озимых культур, расход трудодней на спуск весенних талых вод и повысило урожай озимой ржи.

Осенью 1957 г. в колхозе им. Калинина Олонецкого района на всей площади под озимые культуры (80 га) было проведено гребневание и нарезка поперечных водоотводных борозд через 50—80 м.

Весной 1958 г. на этой площади вымочек не было, в то время как в соседних колхозах на полосах шириной как 40, так и 20 м рожь на больших площадях полностью погибла от вымочек.

ПЛАНИРОВКА И ПРОФИЛИРОВАНИЕ ПОЛОС

Значительные площади сельскохозяйственного использования на Олонецкой равнине имеют невыровненную поверхность с большим количеством западин («блюдец»). Образование их связано в основном с периодом реконструкции старых осушительных систем, когда приходилось запахивать беспорядочную густую сеть канав. Там, где запашка была проведена недоброкачественно, остались понижения.

Образуются западины и при освоении новых земель, если мелиоративные работы проводятся недоброкачественно. Значительная часть верхнего дернового горизонта перемещается при раскорчевке кустарника. Вынутый канавокопателем или экскаватором грунт разравнивается на небольшой площади, отбрасывается грейдерами на расстояние не более 5 м от канавы.

При пахоте вдоль осушителей остаются нераспаханными межники шириной до 1 м, являющиеся естественным препятствием для стока поверхностных вод.

Все это приводит к тому, что талые и дождевые воды задерживаются на поверхности тяжелых суглинистых почв равнины, приводят к вымочкам посевов, к невозможности своевременной обработки почв.

Первоочередным мероприятием в этих условиях является планировка поверхности почвы. Первые опыты планировки поверхности старопахотных земель дорожным угольником в колхозах равнины дали положительные результаты.

Однако проведенные работы по планировке площадей как угольниками, так и грейдером на вновь осваиваемых землях показывают, что полное выравнивание поверхности, а тем более создание профиля полосы может быть достигнуто только в продолжение нескольких лет. На отдельных площадях с сильно выраженным микрорельефом для выравнивания западин потребовалось бы снять весь пахотный горизонт с больших площадей полос. Поэтому работы по планированию и профилированию полос должны проводиться из года в год. Для отвода же воды из существующих западин необходимо проводить выборочное бороздование. Если западины неглубокие, то борозды глубиной 15—20 см проводятся конным орудием в 1—2 прохода. При большей глубине западин борозды нарезаются тракторным навесным орудием.

В колхозе им. Калинина на участке с сильно выраженным микрорельефом на полосах шириной 40 м были проведены тракторным навесным плугом по две продольные борозды, которые соединили отдельные понижения. Из наиболее выраженных понижений были проведены поперечные водоотводные борозды. Это мероприятие значительно сократило вымочки озимой ржи.

Там, где нет необходимости в выборочных бороздах, по нераспаханному межнику вдоль осушителей необходимо проводить через 70—80 м водосбросные воронки.

ПОДПОЧВЕННОЕ РЫХЛЕНИЕ

В условиях маломощных избыточно увлажненных минеральных почв весьма эффективными являются мероприятия, направленные на увеличение мощности пахотного слоя, увеличение влагоемкости подпахотного слоя и улучшение условий отвода избыточных вод из пахотного в подпахотный слой.

Одним из таких мероприятий является глубокая вспашка. Но при глубокой вспашке на поверхность почвы поднимаются малоплодородные суглинки, ухудшающие агрофизические свойства пахотного горизонта. Поэтому при проведении этого мероприятия необходимо внесение большого количества органических и минеральных удобрений.

В условиях Олонецкой равнины углубление или рыхление подпахотного слоя на глубину 15—20 см может оказать большое влияние на улучшение водного режима почв. Это обусловлено тем, что на больших площадях Олонецкой равнины, как уже указывалось выше, на глубине 40—50 см от поверхности почвы залегает погребенная оторфованная прослойка мощностью до 15 см, имеющая высокую влагоемкость и водопроницаемость.

Но эта прослойка разобщена с пахотным горизонтом практически водонепроницаемыми суглинками. Только местами, где суглинки сильно трещиноваты, пронизаны большим числом корневых трубок или ходами червей, связь между двумя горизонтами существует; здесь поля раньше подсыхают и обрабатываются. В первую очередь это относится к площадям, занятым многолетними травами. Большое число глубоко идущих корней трав пронизывает весь подпахотный горизонт, делает его более рыхлым, более водопроницаемым. Но на больших площадях Олонецкой равнины необходимо механическое рыхление подпахотного горизонта.

Поэтому большой интерес представляет система обработки почвы, при которой производится рыхление подпочвы на глубину до 40—45 см. Глубокая безотвальная вспашка по методу Т. С. Мальцева была принята в колхозах Олонецкой равнины как важное агромелиоративное мероприятие.

Характерной особенностью почв нашей республики является их переувлажненность, поэтому система обработки должна служить не только накоплению полезного на случай засухи запаса влаги, но в первую очередь отводу избыточных вод из пахотного слоя, не ограничению, а усилению доступа воздуха в почву. В связи с этим применение глубокой безотвальной вспашки в наших условиях приобретает не только агрономическое, но не менее важное мелиоративное назначение.

При закладке опытов в 1954 г. предполагалось взрыхлить малопроницаемый подпахотный горизонт на всю его глубину до оторфованной прослойки. Но в большинстве случаев не приспособленными для проведения глубокой безотвальной вспашки сельскохозяйственными орудиями (кустарниково-болотными и обычными плугами со снятыми отвалами) эту задачу полностью выполнить не удалось.

На площади 2 га в колхозе им. Егорова в 1954 г. была проведена глубокая безотвальная вспашка под озимую рожь, рядом на такой же площади была проведена обычная вспашка.

В осенний период на первой полосе озимая рожь выглядела лучше озимой ржи на соседней полосе, несмотря на одинаковую густоту всходов. Как показали анализы, количество нитратов в верхнем слое почвы на полосе с глубокой вспашкой было значительно выше (до 4,5 мг против 2,7 мг на 100 г почвы на контроле).

Объясняется это тем, что при глубокой безотвальной вспашке органико-минеральные удобрения были заделаны в верхнем слое почвы, был создан лучший водно-воздушный режим, значительно интенсивнее протекали процессы нитрификации.

При выпадении значительного количества осадков в осенний период разрыхленный пахотный и подпахотный горизонты почвы были перенасыщены водой ввиду отсутствия отвода избыточных вод с полосы, и условия увлажнения на полосе с глубокой вспашкой в позднеосенний и весенний периоды года сравнялись, если не стали хуже, чем на соседней полосе, где глубокая вспашка не производилась. Этим объясняется то, что летом озимая рожь на обеих полосах выглядела одинаково и прибавки урожая на полосе с глубокой безотвальной вспашкой не было отмечено.

Почти то же произошло и на участке площадью 8 га в колхозе им. Калинина, где осенью 1954 г. была проведена глубокая безотвальная вспашка под зябь. Поздней осенью и весной 1955 г. пахотный горизонт на глубину 30—35 см был перенасыщен водой, почва расплылась. На этом поле весенние полевые работы были проведены в последнюю очередь — в июне.

Все эти факты говорят о том, что в осенний период при севе озимых (и главным образом при вспашке под зябь) необходимо проводить узкозагонную вспашку с обязательной нарезкой поперечных водоотводных борозд, обеспечивающих сброс избыточных вод с поверхности и из пахотного горизонта почвы. Весной на этих полях под яровые культуры проводится либо культивация, либо (при необходимости большего рыхления под пропашные и овощные культуры) глубокая безотвальная вспашка на глубину 40—45 см. После сева зерновых на наиболее тяжелых участках проводится восстановление разъемных и поперечных водоотводных борозд. Глубокою безотвальной вспашку под

посев озимых можно проводить только при обеспечении отвода с участка поверхностных вод. Например, подъем паров производится узкими загонами без нарезки поперечных борозд, а вместо двойки паров — глубокая безотвальная вспашка. В этом случае после сева озимых тракторным однокорпусным плугом или конным плугом восстанавливаются разъемные и нарезаются поперечные водоотводные борозды через 50—80 м.

Так было сделано в колхозе им. Калинина осенью 1955 г. на площади 10 га. Урожай озимой ржи на этом участке составлял 18—20 ц/га.

Высокий урожай озимой ржи в 1956 г. был получен и в колхозе им. Егорова (17 ц с 1 га на площади более 24 га) на тех участках, где была проведена глубокая безотвальная двойка пара и обеспечен поверхностный сброс избыточных вод.

В 1956 г. в колхозе им. Калинина узкозагонная вспашка паровых полей с последующей глубокой безотвальной вспашкой проводилась на площади 17 га. Урожай озимой ржи на этой площади составил 7,2 ц/га (поле не было удобрено). На контрольных полосах, расположенных по обе стороны опытных полос, где была проведена только безотвальная вспашка, урожай составил 4,8 ц/га, т. е. в 1,5 раза меньше.

КРотовАНИЕ

Опыты по кротовому дренажу на Олонецкой равнине, проведенные СНИИГМом в 1937—1938 гг., показали, что кротовые дрены в тонкослоистых суглинках и глинах неустойчивы. Заложённые в мае—июне 1937 г. дрены осенью этого же года были почти полностью заполнены кашицеобразной глинистой массой.

Однако на Олонецкой равнине часто можно наблюдать на откосах осушительных канав в оторфованной прослойке оставленные грызунами многочисленные хода в виде кротовин (рис. 15). Эти хода устойчивы, из них весной наблюдался сток воды.



Рис. 15. Кротовины в оторфованной прослойке по откосу канаемы.

Как известно, показателем устойчивости кротового дренажа в грунтах является процентное отношение суммы фракций 0,05—0,005 мм по микроагрегатному анализу к процентному содержанию той же фракции по механическому анализу.

При соотношении $\rho \leq 0,3$ грунт устойчив, если $\rho = 0,3—0,7$ — грунт малоустойчив и при $\rho > 0,7$ — грунт неустойчив.

В табл. 11 приводятся результаты определений устойчивости грунтов Олонецкой равнины, по данным Ленгипроводхоза (1955).

Как видно из табл. 11, наиболее устойчивыми являются грунты на глубине 0,3—0,5 м. В более глубоких слоях грунты малоустойчивы и неустойчивы.

Таким образом, как наблюдения за ходами животных, так и результаты лабораторных определений показывают, что кротовые дрены на Олонецкой равнине можно прокладывать только на глубине 0,3—0,5 м. Но на такой глубине целесообразно закладывать не кротовый дренаж, а проводить кротование почвы одновременно со вспашкой.

Таблица 11

Устойчивость кротовин в грунтах

Глубина взятия образца	ρ	Степень устойчивости
0,5—0,6	0,43	Малоустойчив
0,8—0,9	0,46	"
0,3—0,4	0,22	Устойчив
0,5—0,6	0,47	Малоустойчив
0,8—0,9	0,83	Неустойчив
0,5—0,6	0,34	Устойчив
0,8—0,9	0,48	Малоустойчив
0,3—0,4	0,15	Устойчив
0,5—0,6	0,13	"
0,8—0,9	0,11	"
0,5—0,6	0,35	"
0,8—0,9	0,85	Неустойчив
0,6—0,7	0,42	Малоустойчив
0,8—0,9	0,45	"
0,3—0,4	0,74	"

Сеть кротовин диаметром 6 см нарезается одновременно со вспашкой на глубине 35—40 см на расстоянии 1,0—1,5 м друг от друга.

Опыты по кротованию почв были заложены осенью 1956 г. в колхозе им. Калинина Олонецкого района. Как показали раскопки, нож кротователя, разрезая подпахотный слой, оставляет в суглинке щель шириною 1—10 мм. Кроме того, грунт растрескивается и по сторонам щели. Кротовина в оторфованной прослойке получается устойчивая с гладкими стенками. Но там, где кротователь прошел в подпахотном суглинке, уже на следующий год кротовины заиливаются почти полностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, своевременное проведение полевых работ и максимальное использование мощности высокопроизводительных сельскохозяйственных машин в условиях как Олонецкой равнины, так и других районов Карельской АССР связано с отводом избыточных вод с полей. Но при наличии засушливого периода, относящегося к концу весны — началу лета, важное значение приобретает также задача создания достаточного запаса влаги в почве.

Комплексное применение агромелиоративных мероприятий (узкозагонная вспашка с кротованием, узкозагонная вспашка с рыхлением подпахотного горизонта и др.) и применение передовых методов агротехники создают нормальный водный и воздушный режим как в условиях избыточного увлажнения, так и в засушливый период.

Первые производственные опыты, проведенные на Олонецкой равнине, показали высокую эффективность агромелиоративных мероприятий, обеспечивающих прибавку урожая сельскохозяйственных культур на 20—40% и более. Весенняя обработка участков, на которых осенью были проведены агромелиоративные мероприятия, начинается на 3—5 дней раньше.

При применении агромелиоративных мероприятий особое внимание необходимо обращать на своевременность проведения и доведения до конца всех работ. При невыполнении этих условий во многих случаях может быть не улучшение, а ухудшение водного режима при значительном выпадении атмосферных осадков осенью или при значительном весеннем паводке. Поэтому проведение поперечных водоотводных борозд имеет решающее значение при применении всех агромелиоративных мероприятий.

Для Олонецкой равнины, а также для других озерно-ледниковых равнин типа Олонецкой (Ладвинская, Шуйская и др.) в близких почвенно-климатических условиях, при уклонах поверхности меньше 0,001, в зависимости от рельефа, почвы и использования сельскохозяйственных площадей рекомендуется следующий порядок проведения агромелиоративных и связанных с ними агротехнических мероприятий:

А. На посевах озимых культур

(при глубине залегания оторфованной прослойки 40—45 см и меньше)

1 вариант

(при наличии разреженного дренажа)

1. Узкозагонная вспашка с кротованием при последней перепашке пара перед посевом.
2. Рядовой посев.
3. Устройство поперечных водоотводных борозд непосредственно после сева.

2 вариант

(открытая сеть канав через 80—120 м на почвах с мощной оторфованной прослойкой)

1. Узкозагонная или обычная вспашка при подъеме пара.
2. Безотвальная вспашка на глубину 40—45 см при последней перепашке пара.

3. Рядовой посев.
4. Восстановление разъемных и проведение поперечных водоотводных борозд.

3 вариант

(открытая сеть канав через 40 м на более тяжелых почвах при минимальном уклоне поверхности)

1. Узкозагонная вспашка при последней перепашке пара или обычная вспашка.
2. Посев с одновременным гребневанием поверхности поля.
3. Проведение поперечных водоотводных борозд.

4 вариант

(открытая сеть канав через 40 м при наличии на участке замкнутых понижений)

1. Планировка поверхности поля.
2. Вспашка.
3. Рядовой посев.
4. Проведение выборочных продольных и поперечных водоотводных борозд.

Б. На посевах яровых, зерновых и овощных культур (при осушении открытой сетью канав через 40—80 м)

1 вариант

1. Зяблевая узкозагонная вспашка.
2. Устройство поперечных водоотводных борозд.
3. Весенняя культивация.
4. Посев зерновых или посадка пропашных и овощных культур.
5. Восстановление продольных и поперечных водоотводных борозд.

2 вариант

1. Зяблевая вспашка.
2. Устройство продольных и поперечных водоотводных борозд.
3. Весенняя перепашка плугами без отвалов на глубину 40—45 см.
4. Посев зерновых или посадка овощных культур.
5. Проведение поперечных водоотводных борозд после последней продольной обработки пропашных культур.

Ширина загонов при узкозагонной вспашке 12—15 м. Поперечные водоотводные борозды при выравненной поверхности проводятся через 70—80 м, при наличии понижений — через 40—80 м.

ЛИТЕРАТУРА

- Волобуев В. Р. Почвы и климат. М., 1953.
- Карасев Н. К. Сравнение коэффициентов завядания, исчисленных по максимальной гигроскопичности и максимальной молекулярной влагоемкости. «Метеорология и гидрология», № 1—2, 1940.
- Качинский Н. А. Замерзание, разморозание и влажность почвы в зимний сезон в лесу и на полевых участках. М., 1927.
- Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. М.—Л., 1930.
- Писарьков Х. А. Сравнительная оценка некоторых способов определения коэффициентов фильтрации. Материалы по поднятию производительности с.-х. земель посредством мелиорации, вып. 2. Л., 1937.

- Поляков Б. В. Гидрологический анализ и расчеты. Л., 1946.
- Процеров А. В., Н. К. Карасев. Об исчислении коэффициента завядания по почвенным константам. «Метеорология и гидрология», № 12, 1939.
- Рассел Э. Почвенные условия и рост растений. М., 1955.
- Роде А. А. Почвенная влага. М., 1952.
- Розин В. А. Некоторые опыты по кротовому дренажу. Л., 1938.
- Технический проект осушения и освоения земель Олонецкой равнины КФССР I и II очереди. Ленгипроводхоз, 1953, 1955.
- Уйска Я. Е. Исследования систематического гончарного дренажа. В сб.: «Исследования по гончарному дренажу и народнохозяйственной рентабельности мелиоративных мероприятий». Рига, 1955.
- Эркин Г. Д. Водопроницаемость болот в связи с их осушением. Тр. ВНИИБХ. т. I, вып. 2. Минск, 1940.