

Контрольные вопросы

1. В каких состояниях находится вода в почве?
2. Что такое почвенно-гидрологические константы (ПГК)?
3. Что называется влажностью завядания растений? Методы ее определения и расчета.
4. Что называется влажностью разрыва капилляров? Практическое значение этой величины в мелиоративном земледелии.
5. Что понимают под дефицитом влаги в почве и как ее рассчитывают?

Практическая работа № 3

РАСЧЕТ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ ДЛЯ ПРОМАЧИВАНИЯ ПОЧВЫ НА ЗАДАННУЮ ГЛУБИНУ ПРИ ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур возможно лишь в том случае, если все факторы их жизни находятся в оптимальном состоянии, следовательно, продуктивность сельскохозяйственных культур определяется фактором, находящимся в минимуме.

Поддержание режима влажности почвы на заданном уровне регулируется поливами, которые подразделяют на вегетационные, влагозарядковые (запасные), вневегетационные (предпосевные, предпосадочные), специальные (подкормочные, промывные, дезинфекционные, освежительные). Основным видом является вегетационный полив, способствующий обеспечению потребности сельскохозяйственных растений в воде в период их вегетации.

Полив осуществляется с учетом поливной нормы, под которой понимают количество воды, необходимое для одного полива при условиях отсутствия нарушений в жизнедеятельности растений и недопущения промачивания почвы сверх заданной глубины.

Недопущение промачивания почвы сверх заданной глубины достигается путем расчетов восполнения запасов воды от заданного ниж-

него предела влажности до ее верхнего оптимума и мощности активной толщии почвы, где сосредоточена основная часть адсорбирующей и активно поглощающейся корневой системы.

Поливную норму рассчитывают в соответствии с фазой развития сельскохозяйственных культур по формуле

$$m = 100 h dv (НВ - ВРК),$$

где m – поливная норма, м³/га; h – активный слой почвы, соответствующий фазе развития орошаемой культуры, м; dv – усредненная плотность активного слоя почвы, т/м³; НВ – наименьшая (общая) влагоемкость, %; ВРК – влажность разрыва капилляров, %, 100 – коэффициент для перевода процентов в кубические метры на гектар.

Сумма поливных норм составляет оросительную норму, под которой понимают количество воды, необходимое для поддержания влажности в активном слое почвы на заданном уровне в течение всего орошаемого периода.

Величина поливной нормы в значительной степени зависит от свойств почв, способа и техники полива, биологических особенностей культуры (табл. 8).

Сроки поливов назначают в определенные критические фазы развития растений, когда их чувствительность к недостатку влаги высокая. Озимые и яровые зерновые – период выхода в трубку и колошение.

Зернобобовые и гречиха – период цветения.

Подсолнечник – период образования корзинки и цветения.

Кукуруза – период цветения и молочной спелости.

Хлопчатник – период цветения и заложения коробочек.

Картофель – период цветения и клубнеобразования.

Для большинства полевых культур поливные нормы в начале вегетационного периода должны быть меньше, чем в середине или конце вегетации, что связано с увеличением глубины проникновения корней в конце вегетации, т. е. мощность активной толщии почвы тесным образом связана с фазами развития растений.

Для удобства изучения все зерновые культуры подразделяются на четыре группы:

1. Колосовые хлеба и овес (пшеница, рожь, тритикале, ячмень, овес).
2. Просовидные (просо, кукуруза, сорго, рис).

3. Зернобобовые (горох, кормовые бобы, соя, чечевица, люпин кормовой, чина, нут).

4. Гречиха, амарант.

У зерновых злаковых растений отмечаются следующие фенологические фазы развития: 1. Прорастание. 2. Всходы. 3. Кущение. 4. Выход в трубку. 5. Начало образования колоса. 6. Колошение (выметывание). 7. Цветение. 8. Молочная спелость. 9. Восковая спелость. 10. Полная спелость.

Таблица 8

Биологические показатели и мощность активного слоя почвы по фазам развития растений

Культура, сроки посева	Период вегетации, дн.	Фаза развития	Срок развития фаз, дн.	Глубина активного слоя, м	Нижний оптимальный предел влажности, % (ВРК от НВ)	Поливная норма, л (количество поливов)
Озимые (пшеница, рожь, ячмень)	240 – 320	Прорастание при $t = 12 - 14$ °С 7 – 9 дн.				450 – 500 (2 – 4)
		Посев – всходы	12	0,3	70 – 75	
		Кущение	20	0,4 – 0,5	70 – 75	
		Трубкавание	20	0,6 – 0,8	70 – 75	
		Колошение	20	0,8 – 1,0	80	
		Цветение	10	0,8 – 1,0	70 – 75	
Яровые (пшеница, ячмень, овес)	75 – 115	Прорастание при $t = +2$ °С через 8 – 15 дн.				600 – 650 (3 – 4)
		Кущение	20	0,4 – 0,5	70	
		Трубкавание	15 – 20	0,6 – 0,8	75 – 80	
		Колошение	15	0,8 – 1,0	75 – 80	
		Цветение	10 – 15	0,8 – 1,0	75 – 80	
		Налив зерна	10 – 15	0,8 – 1,0	70	
Просо (май)	80 сред. (55 – 115)	Прорастание при $t = 8 - 10$ °С через 7 – 10 дн.				300 – 400 (2 – 3)
		Кущение	15 – 20	0,3 – 0,5	70	
		Трубкавание	10 – 12	0,5 – 0,7	70	
		Выметывание	10 – 12	0,5 – 0,7	70 – 75	
		Цветение	7 – 16	0,5 – 0,7	70 – 75	
		Созревание	10 – 15	0,5 – 0,7	70	
Гречиха (1-я декада мая)	65 – 75	Прорастание при $t = 8 - 10$ °С через 10 – 12 дн.				300 – 400 (2 – 3)
		Всходы	10 – 12	0,2	70	
		Кущение	10 – 15	0,3 – 0,5	70	
		Стеблевание	20 – 25	0,5 – 0,7	70 – 75	
		Цветение	10 – 15	0,5 – 0,7	70 – 75	
		Созревание	10 – 15	0,5 – 0,7	70	

Продолжение табл. 8

Культура, сроки посева	Период вегетации, дн.	Фаза развития	Срок развития фаз, дн.	Глубина активного слоя, м	Нижний оптимальный предел влажности, % (ВРК от НВ)	Поливная норма, л (количество поливов)
Сорго (май)	90 – 145	Прорастание при $t = 12 - 15$ °С через 10 – 15 дн.				400 (2 – 5)
		Кущение	10 – 15	0,4 – 0,5	65 – 70	
		Выход в трубку	30 – 35	0,6 – 0,8	65 – 70	
		Выметывание	15 – 17	0,8 – 1,0	65 – 70	
		Цветение	5 – 6	0,8 – 1,0	60 – 70	
Созревание	55 – 65 дн. от выметывания		0,8 – 1,0	60		
Кукуруза	90 – 140	Прорастание при $t = 10 - 12$ °С на 12 – 15 дн., при 15 °С на 8 – 12 дн.				600 (2 – 5)
		2 – 3 листа	20	0,4 – 0,5	70 – 75	
		Выметывание	40 – 60 дн. от всходов	0,6 – 0,8	80	
		Цветение	15 – 20	0,8 – 1,0	70 – 75	
		Налив зерна	35 – 60 дн. от опыления	0,8 – 1,0	80	
Сахарная (кормовая) свекла	140 – 150. Полив прекращают за 20 – 30 дн. до уборки	Прорастание при $t = 2 - 6$ °С через 18 – 20 дн., при 10 – 12 °С через 12 – 14 дн.				500 (3 – 5)
		Всходы	18 – 20	0,2	60	
		Формирование корня и листьев	45	0,3 – 0,4	60 – 70	
		Усиленный рост листьев и корнеплода	60 – 70	0,4 – 0,6	70 – 80	
		Сахаронакопление	Последние 30 дн. вегетации	0,6 – 0,7	60 – 70	
Многолетние травы 1-го года (клевер, люцерна, эспарцет) апрель	90 – 100	Прорастание при $t = 1 - 2$ °С 14 – 16 дн.				600 (2 – 3)
		Всходы	2 – 3 14 – 16	0,2 – 0,3	70	
		Кущение	15 – 20	0,4 – 0,5	70 – 80	
		Стеблевание	10 – 15	0,5 – 0,6	70 – 80	
		Бутонизация	15 – 20	0,6 – 0,7	70 – 80	
		До цветения и после укоса	20 – 25	0,8 – 1,0	70 – 80	

Продолжение табл. 8

Культура, сроки посева	Период вегетации, дн.	Фаза развития	Срок развития фаз, дн.	Глубина активного слоя, м	Нижний оптимальный предел влажности, % (ВРК от НВ)	Поливная норма, л (количество поливов)
Подсолнечник (конец апреля)	120 – 140	Прорастание при $t = 4 - 6$ °С, но лучше при $8 - 10$ °С				600 – 800 (2 – 3)
		Посев – всходы	14 – 16	0,2	75	
		Листообразование (3 – 5 пар)	17 – 20	0,5 – 0,6	75 – 80	
		Образование корзинок	37 – 43 дн. от всходов	0,6 – 0,8	75 – 80	
		Цветение	64 – 73 дн. от всходов	0,8 – 1,0	80	
		Формирование, налив семян, созревание	44 – 50 дн. от цветения	0,8 – 1,0	75	
Картофель	50 – 60 – ранний, 60 – 80 – средне-ранний 120 – 125 – поздний	Прорастание при $t = 7 - 8$ °С, (опт. $t = 18 - 20$ °С)				500 – 600 (2 – 6) в зависимости от зоны
		Развитие стебля	18 – 22	0,3 – 0,4	70	
		Бутонизация	18 – 20	0,3 – 0,4	70 – 75	
		Цветение	15 – 20	0,3 – 0,4	75 – 80	
		Клубнеобразование	20 – 30 дн. после бутонизации	0,5 – 0,6	70 – 75	
Хлопчатник, 3-я декада марта – 2-я декада апреля в завис. от зоны	–	Прорастание при $t = 10 - 12$ °С				700 – 900 (2 – 12) в зависимости от типа почвы и уровня гр. вод
		Посев – всходы	5 – 6	0,1	65-70	
		Рост стебля	20	0,2 – 0,3	65 – 70	
		Бутонизация	33 – 46	0,4 – 0,5	65 – 70	
		Цветение	58 – 81	0,6 – 1,0	70 – 75	
		Созревание	108 – 140	0,5 – 0,6	60	
Лен-долгунец	85 – 95	Прорастание при $t = 5 - 8$ °С (опт. $t = 16 - 17$ °С)				700 – 900 (2 – 12) в зависимости от типа почвы и уровня гр. вод
Конопля средне-русская	80 – 120	Прорастание при $t = 1 - 2$ °С (опт. $t = 10$ °С)				от типа почвы и уровня гр. вод
		В первые 20 – 30 дн. растет медленно, в следующие 30 – 40 – очень быстро				

Окончание табл. 8

Культура, сроки посева	Период вегетации, дн.	Фаза развития	Срок развития фаз, дн.	Глубина активного слоя, м	Нижний оптимальный предел влажности, % (ВРК от НВ)	Поливная норма, л (количество поливов)
Бахчевые (арбузы, дыни, тыква, огурцы)	90 – 100	Прорастание при $t = 12 - 13$ °С у тыквы, при $16 - 17$ °С – у арбуза и дыни, при $13 - 15$ °С – у огурца				600 – 800 (3 – 5) Полив прекращают за 15 дн. до 1-го сбора
		Посев – всходы	8 – 10 13 – 14	0,2	65 – 70	
		Листообразование (1 – 5-й лист)	5 – 23	0,3 – 0,4	70 – 75	
		Образование плетей	15 – 20	0,4 – 0,5	70 – 75	
		Бутонизация	10 – 15	0,4 – 0,5	70 – 75	
		Цветение	25 – 28*	0,5 – 0,6	75 – 85	
		Образование завязи	10 – 15	0,5 – 0,6	60 – 75	
		Созревание	10 – 15	0,6 – 0,8	65 – 70	
		Сбор плодов 1-й – последний	1 3 27	0,6 – 0,8	65	
Овощи (капуста, томаты, лук, баклажаны)	100 – 150	Укоренение	5 – 7	0,2	75 – 85	600 – 800 (3 – 5)
		Разрастание листьев у капусты, бутонизация у томатов	25 – 30	0,3 – 0,4	75 – 85	
		Образование кочана. Завязи у томатов, баклажан	25 – 30	0,5 – 0,6	75 – 85	
		Развитие кочана, луковиц, плодов	25 – 30	0,5 – 0,6	75 – 85	
Сады и виноградники	130 – 150	Листообразование	7 – 10	0,8 – 1,5	75	В период вегетации 3 – 5 поливов
		Цветение	7 – 10	0,8 – 1,5	75 – 80	
		Образование завязи	10 – 15	0,8 – 1,5	75 – 80	
		Созревание	90 – 100	0,8 – 1,5	75 – 80	

У зернобобовых отмечают следующие фенологические фазы: 1. Прорастание. 2. Всходы (с появлением семядолей над почвой: фасоль, соя, люпин или первого настоящего листа: горох, чина и др.). 3. Стеблевание и ветвление стебля. 4. Бутонизация. 5. Цветение. 6. Образование бобов. 7. Созревание. 8. Полная спелость.

Фенологические фазы картофеля: 1. Всходы (на 18 – 22-й день после посадки). 2. Развитие стебля – бутонизация (18 – 20 дней). 3. Цветение (через 20 – 30 дней после бутонизации). 4. Клубнеобразование.

Первая фаза развития корнеплодов – образование всходов, т. е. появление на дневную поверхность проростков и развертывание семядольных листьев. Далее отмечают образование первой пары через 8 – 10 дней и третьей пары настоящих листьев. В эти фазы развития проводят важный прием ухода за посевами – прорывку, т. е. удаление лишних растений.

В дальнейшем появление новых листьев приводит к разрастанию надземной части растений, в результате чего листья в смежных рядках прикрывают междурядья – это фаза смыкания листьев в междурядьях (к концу июля). К концу вегетации старые листья начинают отмирать, обнажая междурядья, – это фаза размыкания листьев в междурядьях. Корнеплоды дают продукцию в первый год жизни, поэтому в этот период такие фазы, как бутонизация, цветение и созревание плодов и семян не учитывают – это делают на 2-й год. У бахчевых через 5 – 7 дней после всходов появляется первый настоящий лист, затем через каждые 3 – 4 дня – 2, 3, 4 и 5-й.

После этого рост замедляется, междоузлия в этот период укороченные. Это фаза шатрика. Затем отмечают фазы: начало образования плетей, бутонизация, цветение женских и мужских цветков, образование завязей, начало созревания, первый и последний сборы плодов.

Получение высоких и устойчивых урожаев в условиях орошения зависит от того, насколько точно и обоснованно будут установлены сроки полива, нормы полива и их количество за вегетационный период, чтобы поддержать влажность активного слоя почвы на заданном уровне.

Распределение нормированных поливов сельскохозяйственных культур в течение вегетационного периода называется режимом оро-

шения. Сроки назначения очередного полива можно рассчитать косвенным путем, используя климатические и биологические показатели. Отсутствие длительное время атмосферных осадков, низкая относительная влажность воздуха могут свидетельствовать о необходимости очередного полива, особенно в том случае, если это подтверждают морфологические и физиологические признаки.

Чтобы правильно проектировать и применять поливные нормы, надо иметь данные:

- по суточному водопотреблению по фазам развития растений и общей потребности сельскохозяйственной культуры в воде;
- мощности активного слоя почвы в зависимости от фаз развития растений;
- запасам влаги в активном слое почвы в предполивной период;
- нижнему допустимому пределу содержания влаги в почве;
- прогнозируемому количеству и распределению осадков за вегетацию.

Исходя из имеющихся данных вычисляются максимально и минимально допустимые пределы содержания влаги в почве по расчетным срокам (пятидневкам или декадам) с учетом увеличения мощности активного слоя почвы.

Первоначальная глубина расчетного слоя почвы должна равняться мощности пахотного слоя: для зерновых – 0,20 – 0,25 м, для пропашных – 0,30 – 0,35 м, для многолетних трав, садов и виноградников – 0,8 м с дальнейшим соответствием биологическим особенностям культур и фазам их развития.

В начале вегетационного периода определяют реальные запасы влаги и откладывают их на графике. Если они находятся в пределах, ограниченных кривыми НВ и ВРК, то следующим этапом будет расчет времени первого полива, который наступит при пересечении этих фактических запасов с кривой нижнего предела влажности.

Пример расчета поливной нормы для промачивания почвы на заданную глубину при орошении сельскохозяйственных культур

Слой 0 – 20 см НВ = 29,9 %; ЕПВ = 25,2 %; $d_v = 1,21 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$;

Слой 0 – 30 см НВ = 28,9 %; ЕПВ = 23,3 %; $d_v = 1,22 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$;

Слой 0 – 40 см НВ = 27,7 %; ЕПВ = 22,3 %; $d_v = 1,25 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$;

Слой 0 – 50 см НВ = 26,3 %; ЕПВ = 21,6 %; $d_v = 1,27 \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)}$.

Для каждого из слоев необходимо рассчитать нижний допустимый предел содержания влаги в почве. Рассчитаем ВРК для каждого из вышеприведенных слоев:

$$\text{ВРК}_{0-20} = \text{НВ} \cdot 70/100 = 29,9 \% \cdot 70/100 = 20,9 \%;$$

$$\text{ВРК}_{0-30} = \text{НВ} \cdot 70/100 = 28,9 \cdot 70/100 = 20,2 \%;$$

$$\text{ВРК}_{0-40} = \text{НВ} \cdot 70/100 = 27,7 \cdot 70/100 = 19,4 \%;$$

$$\text{ВРК}_{0-50} = \text{НВ} \cdot 70/100 = 26,3 \cdot 70/100 = 18,4 \%.$$

На основании имеющихся данных рассчитывают запасы влаги, соответствующие верхнему и нижнему пределам оптимальной влажности для отдельных декад вегетационного периода с определенной мощностью активного слоя. Полученные данные используем для построения графика, на оси ординат которого отложены запасы влаги в почве в метрах кубических на гектар с шагом 250 м^3 в интервале от 0 до 2500 м^3 , а на оси абсцисс – подекадные периоды вегетации. Полученные в системе координат точки соединяют между собой. При поливе конкретной культуры влажность не должна выходить за пределы кривых.

Далее необходимо рассчитать запасы влаги на начало вегетационного периода для слоя 0 – 20 см. Для 20-сантиметрового слоя естественная полевая влажность равняется 25,2 %, а ее запасы составляют $610 \text{ м}^3/\text{га}$.

$$W_{\text{ЕПТ}} = \frac{25,2 \cdot 1,21 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 610 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Очевидно, что эти запасы будут уменьшаться за счет транспирации и испарения и достигнут нижнего предела оптимума. Это может наступить, например, через 10 дней (к концу третьей декады мая), и тогда необходимо провести полив нормой $218 \text{ м}^3/\text{га}$. ($723,5 \text{ м}^3 - 505,8 \text{ м}^3$). Через декаду запасы влаги опять уменьшаются до нижнего предела, и вновь требуется полив, но уже нормой $318 \text{ м}^3/\text{га}$, поскольку мощность активного слоя увеличивается до 0,3 м, а полив совпадает с фазой кущения и т. д. Таким образом, на графике получается кривая изменения фактических запасов влаги, уменьшение которых восполняют поливной нормой, рассчитанной по графику как разность между верхним и нижним допустимым пределом влаги (табл. 9 и рис. 2).

Таблица 9

Расчетные запасы влаги для НВ и ВРК по фазам развития растений

Мощность пахотного слоя, м	НВ – верхний оптимальный предел, м ³	ВРК – нижний допустимый предел, м ³
0 – 20	$W_{M^3/Га} = 29,9 \cdot 1,21 \cdot 10 \cdot 10/100 = 72,35 \text{ мм} = 723,5$	$W_{M^3/Га} = 20,9 \cdot 1,21 \cdot 20 \cdot 10 \times 10/100 = 505,8$
0 – 30	$W_{M^3/Га} = 28,9 \cdot 1,22 \cdot 30 \cdot 10 \times 10/100 = 1057,7$	$W_{M^3/Га} = 20,2 \cdot 1,22 \cdot 30 \cdot 10 \times 10/100 = 739,3$
0 – 40	$W_{M^3/Га} = 27,7 \cdot 1,25 \cdot 40 \cdot 10 \times 10/100 = 1385$	$W_{M^3/Га} = 19,4 \cdot 1,25 \cdot 40 \cdot 10 \times 10/100 = 970$
0 – 50	$W_{M^3/Га} = 26,3 \cdot 1,27 \cdot 50 \cdot 10 \times 10/100 = 1670$	$W_{M^3/Га} = 18,4 \cdot 1,27 \cdot 50 \cdot 10 \times 10/100 = 1168$
0 – 60	$W_{M^3/Га} = 26,3 \cdot 1,27 \cdot 60 \cdot 10 \times 10/100 = 2004$	$W_{M^3/Га} = 18,4 \cdot 1,27 \cdot 60 \cdot 10 \times 10/100 = 1402,1$
0 – 70	$W_{M^3/Га} = 26,3 \cdot 1,27 \cdot 70 \cdot 10 \times 10/100 = 2338$	$W_{M^3/Га} = 18,4 \cdot 1,27 \cdot 70 \cdot 10 \times 10/100 = 1635,8$

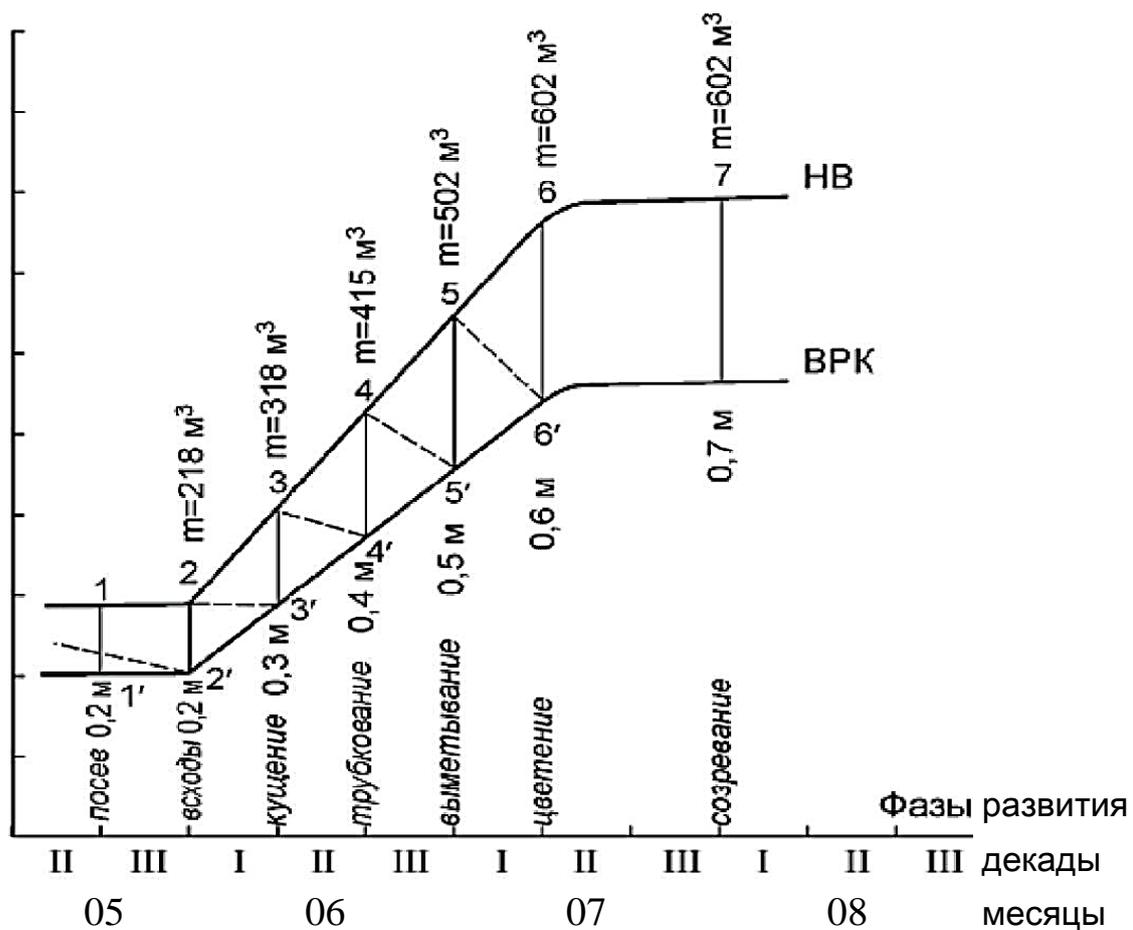


Рис. 2. График определения нормы и сроков полива проса

Задание. Рассчитать сроки и нормы полива сельскохозяйственной культуры графоаналитическим методом А. Н. Костякова.

1. Рассчитать нижний допустимый предел содержания влаги в процентах от НВ с учетом фазы развития сельскохозяйственной культуры (по данным табл. 9). $ВРК = НВ \cdot X / 100$.

2. Определить мощность активного слоя почвы с учетом фазы развития сельскохозяйственной культуры (по данным табл. 9).

3. Провести графическое построение и определение норм и сроков полива в следующей последовательности:

3.1. Построить оси координат. На оси ординат отложить запасы влаги в почве в метрах кубических на гектар, на оси абсцисс – декады месяцев вегетации и наметить основные фазы (особенно критические) развития растений.

3.2. Провести расчет запасов влаги при разных уровнях ее содержания (НВ и ВРК), начиная с первой фазы развития для пахотного слоя 0 – 20 (30) см.

3.3. Полученные в системе координат точки соединить между собой (отдельно для уровней НВ и ВРК).

3.4. По величине содержания естественной влажности в почве в начале вегетации рассчитать запасы естественной влажности для пахотного (расчетного) слоя почвы и найти эту точку в системе координат.

3.5. Построить кривую изменения фактических запасов влаги в активном слое почвы.

4. Рассчитать поливную норму (m , м /га) для любой фазы развития растений и сравнить ее с нормой, полученной графоаналитическим способом.

Контрольные вопросы

1. Что такое норма и срок полива?
2. Что такое оросительная норма?
3. От чего зависит величина поливной нормы?
4. В чем сущность термостатно-весового, тензиометрического, радиометрического, графоаналитического методов исследования?